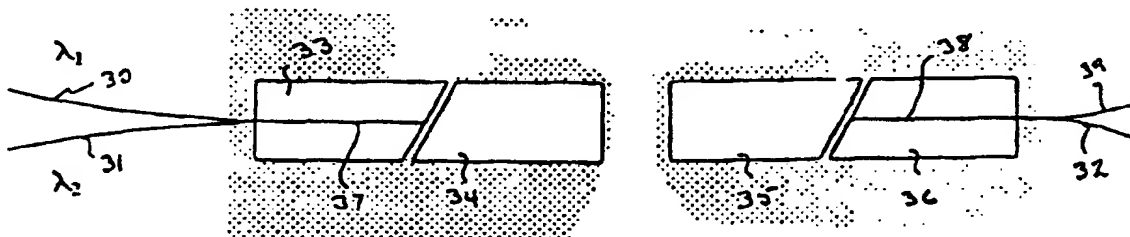


**PCT**WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION  
International Bureau

## INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification <sup>6</sup> : <b>G02B 6/12, 6/28, 6/32, 6/38, 5/30, H04B 10/00</b>		<b>A1</b>	(11) International Publication Number: <b>WO 96/19743</b> (43) International Publication Date: <b>27 June 1996 (27.06.96)</b>
(21) International Application Number: <b>PCT/US95/16283</b> (22) International Filing Date: <b>14 December 1995 (14.12.95)</b> (30) Priority Data: 08/361,610      21 December 1994 (21.12.94)      US 08/470,815      6 June 1995 (06.06.95)      US (71) Applicant: <b>E-TEK DYNAMICS, INC. [US/US]; 1885 Lundy Avenue, San Jose, CA 95131 (US).</b> (72) Inventors: <b>PAN, Jing-Jong; 978 Westridge Drive, Milpitas, CA 95035 (US). SHIH, Ming; 2349 Dubois Street, Milpitas, CA 95035 (US). XU, Jingyu; 859 Gilchrist Drive #4, San Jose, CA 95133 (US).</b> (74) Agents: <b>AKA, Gary, T. et al.; Townsend and Townsend and Crew, One Market Plaza, 20th floor, Steuart Street Tower, San Francisco, CA 94105 (US).</b>			(81) Designated States: <b>CN, JP, European patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</b>  <b>Published</b> <i>With international search report.</i>

(54) Title: **INTEGRABLE FIBEROPTIC COUPLER AND RESULTING DEVICES AND SYSTEMS**

## (57) Abstract

A fiber optic coupler capable of many functions is presented. The basic fiber optic coupler has a first sleeve (33), a second sleeve (36), a first collimating GRIN (34) or conventional lens, and a second collimating lens (35) or conventional lens. The first sleeve (33) holds end sections of two or more input optical fibers (30, 31) along the longitudinal axis of the sleeve. The second sleeve (36) holds an end section of at least one output optical fiber (32). The end face of the second sleeve faces the first sleeve end face. The first collimating GRIN (34) or conventional lens in front of the first sleeve end face collimates light signals from the input optical fibers and the second collimating GRIN (35) or conventional lens in front of the second sleeve end face focusses light signals from at least one of the input optical fibers (30, 31) into the single output fiber (32), or at least one of the output optical fibers (32, 39). With only one output fiber the coupler operates as a combiner. If more than one output fiber is held by the second sleeve, the input and output fibers can be arranged so that a light signal from one input fiber is sent to one output fiber. For added functionality, optical elements, such as isolators and wavelength-dependent filters can be inserted between the first and second collimating lenses.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平10-511476

(43) 公表日 平成10年(1998)11月4日

(51) IntCl. <sup>6</sup>	識別記号	F I	
G 0 2 B 6/293		G 0 2 B 6/28	B
6/00	3 1 6	6/00	3 1 6
6/32		6/32	
H 0 4 B 10/02		H 0 4 B 9/00	E
H 0 4 J 14/00			U
審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 74 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願平8-519893  
 (86) (22) 出願日 平成7年(1995)12月14日  
 (85) 翻訳文提出日 平成9年(1997)6月20日  
 (86) 国際出願番号 PCT/US95/16283  
 (87) 国際公開番号 WO96/19743  
 (87) 国際公開日 平成8年(1996)6月27日  
 (31) 優先権主張番号 08/361, 610  
 (32) 優先日 1994年12月21日  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)  
 (31) 優先権主張番号 08/470, 815  
 (32) 優先日 1995年6月6日  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 イーテック・ダイナミックス・インコーポレイテッド  
 アメリカ合衆国、95131 カリフォルニア州、サン・ホセ、ランディ・アベニュー、1885  
 (72) 発明者 パン、ジン・ジョン  
 アメリカ合衆国、95035 カリフォルニア州、ミルピタス、ウエストリッジ・ドライブ、978  
 (74) 代理人 弁理士 深見 久郎 (外3名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 集積可能な光ファイバカブラならびにそれによってできる装置およびシステム

## (57) 【要約】

多くの機能が可能な光ファイバカブラが提示される。基本的な光ファイバカブラは、第1のスリーブ(33)、第2のスリーブ(36)、第1のコリメートするGRIN(34)または従来のレンズ、および第2のコリメートするレンズ(35)または従来のレンズを含む。第1のスリーブ(33)は、スリーブの長さ方向の軸に沿って、2以上の入力光ファイバ(30、31)の端区分を保持する。第2のスリーブ(36)は、少なくとも1つの出力光ファイバ(32)の端区分を保持する。第2のスリーブの端面は第1のスリーブの端面に面する。第1のスリーブの端面の正面に位置する第1のコリメートするGRIN(34)または従来のレンズは、入力光ファイバからの光信号をコリメートし、第2のスリーブの端面の正面に位置する第2のコリメートするGRIN(35)または従来のレンズは、入力光ファイバ(30、31)のうちの少なくとも1つからの光信号を、単一の出力ファイバ(32)内に、または出力光ファイバ(32、39)のうちの少なくとも1つに、焦点を合わせる。出力ファイバが1つのみの場合には、カブラはコン

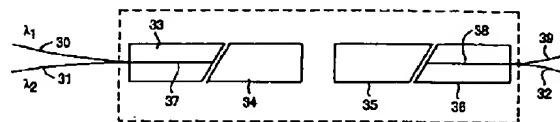


FIG. 2

## 【特許請求の範囲】

1. 少なくとも第1、第2、第3および第4の光ファイバを結合するための光カブラであって、前記カブラは、

前記第1の光ファイバの端と、

前記第2の光ファイバの端と、

前記第3の光ファイバの端と、

前記第4の光ファイバの端と、

第1および第2の端面と前記第1および第2の端面を通る長さ方向の軸とを有する1/2ピッチGRINレンズとを含み、前記第1および第2の光ファイバの前記端は、互いにかつ前記GRINレンズの前記第1の端面に近接し、前記第3および第4の光ファイバの前記端は、互いにかつ前記GRINレンズの前記第2の端面に近接し、前記長さ方向の軸と、前記第1および第2の光ファイバの前記端と、前記第3および第4の光ファイバの前記端とは、前記第1のファイバからの光が前記第3のファイバ内に通過し、かつ前記第2のファイバからの光が前記第4のファイバ内に通過するよう、互いに対して配置される、光カブラ。

2. 前記1/2ピッチGRINレンズは第1および第2の1/4ピッチGRINレンズを含み、前記第1の1/4ピッチGRINレンズは前記第1の端面および第1の対向する端面を含み、前記第2の1/4ピッチGRINレンズは前記第2の端面および第2の対向する端面を含み、前記第1および第2の対向する端面は互いに面する、請求項1に記載の波長分割多重カブラ。

3. 前記第1および第2のGRINレンズは互いに間隔をおかれる、請求項2に記載の波長分割多重カブラ。

4. 前記1/4ピッチGRINレンズの前記各々は0.23ピッチを有する、請求項2に記載の波長分割多重カブラ。

5. 前記第1および第2の光ファイバの前記端を保持する第1のスリーブをさらに含み、前記スリーブは前記光ファイバの端と共面の面を有し、さらに、

前記第3および第4の光ファイバの前記端を保持する第2のスリーブを含み、前記スリーブは前記光ファイバの端と共面の面を有する、請求項2に記載の波長分割多重カブラ。

6. 少なくとも2つの入力光ファイバを少なくとも1つの出力光ファイバに結合するためのカブラであって、前記カブラは、

端面と、長さ方向の軸と、前記長さ方向の軸と平行でありかつ前記端面を通る開口とを有する第1のスリーブを含み、前記開口は前記少なくとも2つの入力光ファイバの端区分を保持し、さらに、

端面と、長さ方向の軸と、前記長さ方向の軸と平行でありかつ前記端面を通る開口とを有する第2のスリーブを含み、前記開口は前記少なくとも1つの出力光ファイバの端を保持し、前記第2のスリーブの端面は前記第1のスリーブの端面に面し、さらに、

前記第1のスリーブの端面の正面に、前記少なくとも2つの入力光ファイバからの光信号をコリメートするための第1の手段と、

前記第2のスリーブの端面の正面に、少なくとも1つの入力光ファイバからの光信号を前記少なくとも1つの出力光ファイバ内にコリメートするための第2の手段とを含む、カブラ。

7. 前記カブラは、

2つの入力光ファイバおよび1つの出力光ファイバを含み、

前記第1のスリーブ、前記第2のスリーブ、前記第1のコリメートする手段、および第2のコリメートする手段は、前記第2のコリメートする手段が両方の入力光ファイバからの光信号を前記1つの出力光ファイバ内にコリメートするように、互いに対して位置合わせされる、請求項6に記載のカブラ。

8. 前記カブラは、

複数の $n$ 個の入力光ファイバおよび等しい数の出力光ファイバを含み、

前記第1のスリーブ、前記第2のスリーブ、前記第1のコリメートする手段、および第2のコリメートする手段は、前記第2のコリメートする手段が前記入力光ファイバの各1つからの光信号を前記出力光ファイバの異なる1つ内にコリメートするように、互いに対して位置合わせされる、請求項6に記載のカブラ。

9.  $n$ は2に等しい、請求項8に記載のカブラ。

10.  $n$ は4に等しい、請求項8に記載のカブラ。

11. 前記少なくとも2つの入力光ファイバの各端区分は、コアおよび前記コア

を取囲む先細りしないクラディングを含む、請求項6に記載のカブラ。

12. 前記少なくとも1つの出力光ファイバの前記端区分は、コアおよび前記コアを取囲む先細りしないクラディングを含む、請求項6に記載のカブラ。

13. 前記第1および第2のコリメートする手段は各々、1/4ピッチGRINレンズを含む、請求項6に記載のカブラ。

14. 前記第1のスリーブ面は前記少なくとも2つの入力光ファイバの端と共面であり、前記第2のスリーブ面は前記少なくとも1つの出力光ファイバの端と共面である、請求項6に記載のカブラ。

15. 少なくとも第1、第2、第3および第4の光ファイバを結合するためのカブラであって、前記カブラは、

前記第1の光ファイバの端と、

前記第2の光ファイバの端と、

前記第3の光ファイバの端と、

前記第4の光ファイバの端と、

第1および第2の端面と前記第1および第2の端面を通る長さ方向の軸とを有する1/2ピッチGRINレンズとを含み、前記第1および第2の光ファイバの前記端は、互いにかつ前記GRINレンズの前記第1の端面に近接し、前記第3および第4の光ファイバの前記端は、互いにかつ前記GRINレンズの前記第2の端面に近接し、前記長さ方向の軸と、前記第1および第2の光ファイバの前記端と、前記第3および第4の光ファイバの前記端とは、前記第1のファイバからの光が前記第3のファイバ内に通過し、かつ前記第2のファイバからの光が前記第4のファイバ内に通過するように、互いに対して配置される、カブラ。

16. 前記第1および第2の光ファイバのジャケットのない端区分を開口部内に保持する第1のスリーブをさらに含み、前記端区分は前記第1および第2の光ファイバのコアおよび先細りしないクラディングを含み、さらに、

前記第3および第4の光ファイバのジャケットのない端区分を開口部内に保持する第2のスリーブを含み、前記端区分は前記第3および第4の光ファイバのコアおよび先細りしないクラディングを含む、請求項15に記載のカブラ。

17. 前記第1のスリーブ内の前記開口部は、前記第1および第2の光ファイバ

の半径とちょうど合致する半径を有し、前記第2のスリーブ内の前記開口部は、前記第3および第4の光ファイバの半径とちょうど合致する半径を有する、請求項16に記載のカブラ。

18. 前記第1および第2の光ファイバの前記端を保持する第1のスリーブをさらに含み、前記スリーブは前記光ファイバの端と共面の面を有し、さらに、

前記第3および第4の光ファイバの前記端を保持する第2のスリーブを含み、前記スリーブは前記光ファイバの端と共面の面を有する、請求項15に記載のカブラ。

19. 第1の付加的な数の光ファイバをさらに含み、前記第1の付加的な数の光ファイバの各々は端を有し、前記第1および第2の光ファイバならびに前記第1の付加的な数の光ファイバの前記端は互いにかつ前記GRINレンズの前記第1の端面に近接し、さらに、

第2の付加的な数の光ファイバをさらに含み、前記第2の付加的な数は第1の付加的な数と等しく、前記第2の付加的な数の光ファイバの各々は端を有し、前記第3および第4の光ファイバならびに前記第2の付加的な数の光ファイバの前記端は互いにかつ前記GRINレンズの前記第2の端面に近接し、前記長さ方向の軸と、前記第1の付加的な数の光ファイバの前記端と、前記第2の付加的な数の光ファイバの前記端とは、前記第1の付加的な数の光ファイバのうちの1つからの光が前記第2の付加的な数の光ファイバのうちの1つ内に通過するように互いに対して配置される、請求項15に記載のカブラ。

20. 前記第1の付加的な数および前記第2の付加的な数は2に等しい、請求項19に記載のカブラ。

21. 前記1/2ピッチGRINレンズは第1および第2の1/4ピッチGRINレンズを含み、前記第1の1/4ピッチGRINレンズは前記第1の端面と第1の対向する端面とを含み、前記第2の1/4ピッチGRINレンズは前記第2の端面と第2の対向する端面とを含み、前記第1および第2の対向する端面は互いに面する、請求項15に記載のカブラ。

22. 前記第1および第2のGRINレンズは互いに間隔をおかれる、請求項21に記載のカブラ。

23. 前記1/4ピッチGRINレンズの前記各々は0.23ピッチを有する、請求項21に記載のカブラ。

24. 前記第1および第2の光ファイバのジャケットのない端区分を開口部内に保持する第1のスリーブをさらに含み、前記端区分は前記第1および第2の光ファイバのコアおよび先細りしないクラッドを含み、さらに、

前記第3および第4の光ファイバのジャケットのない端区分を開口部内に保持する第2のスリーブを含み、前記端区分は前記第3および第4の光ファイバのコアおよび先細りしないクラッドを含む、請求項21に記載のカブラ。

25. 前記第1のスリーブ内の前記開口部は、前記第1および第2の光ファイバの半径にちょうど合致する半径を有し、前記第2のスリーブ内の前記開口部は、前記第3および第4の光ファイバの半径にちょうど合致する半径を有する、請求項24に記載のカブラ。

26. 前記第1および第2の光ファイバの前記端を保持する第1のスリーブをさらに含み、前記スリーブは前記光ファイバの端と共面の面を有し、さらに、

前記第3および第4の光ファイバの前記端を保持する第2のスリーブを含み、前記スリーブは前記光ファイバの端と共面の面を有する、請求項24に記載のカブラ。

27. 第1の付加的な数の光ファイバをさらに含み、前記第1の付加的な数の光ファイバの各々は端を有し、前記第1および第2の光ファイバならびに前記第1の付加的な数の光ファイバの前記端は互いにかつ前記GRINレンズの前記第1の端面に近接し、さらに、

第2の付加的な数の光ファイバを含み、前記第2の付加的な数は第1の付加的な数と等しく、前記第2の付加的な数の光ファイバの各々は端を有し、前記第3および第4の光ファイバならびに前記第2の付加的な数の光ファイバの前記端は互いにかつ前記GRINレンズの前記第2の端面に近接し、前記長さ方向の軸と、前記第1の付加的な数の光ファイバの前記端と、前記第2の付加的な数の光ファイバの前記端とは、前記第1の付加的な数の光ファイバのうちの1つからの光が前記第2の付加的な数の光ファイバのうちの1つ内に通過するように互いに対して配置される、請求項26に記載のカブラ。

28. 前記第1の付加的な数および前記第2の付加的な数が各々2に等しい、請求項27に記載のカブラ。

29. 少なくとも第1、第2、第3および第4の光ファイバを結合するためのカブラであって、前記カブラは、

前記第1の光ファイバの端と、

前記第2の光ファイバの端と、

前記第3の光ファイバの端と、

前記第4の光ファイバの端と、

第1および第2の端面と前記第1および第2の端面を通る長さ方向の軸とを有する従来のレンズとを含み、前記第1および第2の光ファイバの前記端は互いにかつ前記従来のレンズの前記第1の端面に近接し、前記第3および第4の光ファイバの前記端は互いにかつ前記従来のレンズの前記第2の端面に近接し、前記長さ方向の軸と、前記第1および第2の光ファイバの前記端と、前記第3および第4の光ファイバの前記端とは、前記第1のファイバからの光が前記第3のファイバ内に通過し、かつ前記第2のファイバからの光が前記第4のファイバ内に通過するように、互いに対して配置される、カブラ。

30. 前記第1および第2の光ファイバのジャケットのない区分を開口部内に保持する第1のスリーブをさらに含み、前記端区分は前記第1および第2の光ファイバのコアおよび先細りしないクラディングを含み、さらに、

前記第3および第4の光ファイバのジャケットのない端区分を開口部内に保持する第2のスリーブをさらに含み、前記端区分は前記第1および第2の光ファイバのコアおよび先細りしないクラディングを含む、請求項29に記載のカブラ。

31. 前記第1のスリーブ内の前記開口部は、前記第1および第2の光ファイバの半径にちょうど合致する半径を有し、前記第2のスリーブ内の前記開口部は、前記第3および第4の光ファイバの半径にちょうど合致する半径を有する、請求項30に記載のカブラ。

32. 前記第1および第2の光ファイバの前記端を保持する第1のスリーブをさらに含み、前記スリーブは前記光ファイバの端と共面の面を有し、さらに、



前記第3および第4の光ファイバの前記端を保持する第2のスリーブを含み、

前記スリーブは前記光ファイバの端と共面の面を有する、請求項29に記載のカブラ。

33. 第1の付加的な数の光ファイバをさらに含み、前記第1の付加的な数の光ファイバの各々は端を有し、前記第1および第2の光ファイバならびに前記第1の付加的な数の光ファイバの前記端は、互いにかつ前記従来のレンズの前記第1の端面に近接し、さらに、

第2の付加的な数の光ファイバを含み、前記第2の付加的な数は第1の付加的な数に等しく、前記第2の付加的な数の光ファイバの各々は端を有し、前記第3および第4の光ファイバならびに前記第2の付加的な数の光ファイバの前記端は互いにかつ前記従来のレンズの前記第2の端面に近接し、前記長さ方向の軸と、前記第1の付加的な数の光ファイバの前記端と、前記第2の付加的な数の光ファイバの前記端とは、前記第1の付加的な数の光ファイバのうちの1つからの光が前記第2の付加的な数の光ファイバのうちの1つ内に通過するように互いに対して配置される、請求項29に記載のカブラ。

34. 前記第1の付加的な数および前記第2の付加的な数は2に等しい、請求項33に記載のカブラ。

35. 第1および第2のコリメータの間にコアサブアセンブリを有する改良された光アイソレータにおいて、前記コアサブアセンブリは1対の複屈折性結晶偏光子と、その間にファラデー施光器とを有し、前記ファラデー施光器はCdMnTeを含む、改良。

36. 前記ファラデー施光器は水銀がドーピングされたCdMnTeを含む、請求項35に記載の改良された光アイソレータ。

37. 第1および第2の光ファイバを結合するための波長分割多重カブラであって、前記カブラは、

前記第1の光ファイバの端と、

前記第2の光ファイバの端と、

第1および第2の端面と前記第1および第2の端面を通る長さ方向の軸とを有

する1/4ピッチGRINレンズとを含み、前記GRINレンズの前記第1の端面ならびに前記第1および第2の光ファイバの前記端は、互いにかつ前記第1の

端面に近接し、さらに、

前記GRINレンズの前記第2の端面に近接したダイクロイックフィルタを含み、前記ダイクロイックフィルタと前記GRINレンズの長さ方向の軸と前記第1および第2の光ファイバの前記端とは、前記第1のファイバからの光であって前記ダイクロイックフィルタによって反射された光が前記第2のファイバ内に通過し、かつ、前記第2のファイバからの光であって前記ダイクロイックフィルタによって通された光が前記ダイクロイックフィルタからコリメートされた光として出ていくように、互いに対して配置される、波長分割多重カプラ。

38. 第3の光ファイバの端と、

前記ダイクロイックフィルタからの前記コリメートされた光の経路内のコリメータとをさらに含み、前記コリメータは、前記コリメートされた光を前記第3の光ファイバの前記端内に再び焦点を合わせる、請求項37に記載の波長分割多重カプラ。

39. 前記コリメータは第2の1/4ピッチGRINレンズを含む、請求項37に記載の波長分割多重カプラ。

40. 前記第1および第2の光ファイバの前記端を保持するスリーブをさらに含み、前記スリーブは前記光ファイバの端と共面の面を有する、請求項37に記載の波長分割多重カプラ。

41. 第1および第2の光ファイバを結合するためのWDMカプラであって、前記カプラは、

前記第1の光ファイバの端と、

前記第2の光ファイバの端と、

第1および第2の端面と前記第1および第2の端面を通る長さ方向の軸とを有する第1のコリメートするレンズとを含み、前記第1のコリメートするレンズの前記第1の端面と前記第1および第2の光ファイバの前記端とは、互いにかつ前記第1の端面に近接し、さらに、

前記第1のコリメートするレンズの前記第2の端面に近接したロングパスフィルタを含み、前記ロングパスフィルタと前記第1のコリメートするレンズの長さ方向の軸と前記第1および第2の光ファイバの前記端とは、前記第1のファイバ

からの光であって前記ロングパスフィルタによって反射された光が前記第2のファイバ内に通過するように、かつ前記第1のファイバからの光であって前記ロングパスフィルタによって通された光が前記ロングパスフィルタからコリメートされた光として出ていくように、互いに対して配置される、WDMカブラ。

42. 前記第1のコリメートするレンズは1/4ピッチGRINレンズを含む、請求項41に記載のWDMカブラ。

43. 前記ロングパスフィルタはダイクロイックミラーフィルタを含む、請求項41に記載のWDMカブラ。

44. 第3の光ファイバの端と、

前記ロングパスフィルタからの前記コリメートされた光の経路内の第2のコリメートするレンズとをさらに含み、前記第3の光ファイバの前記端は、前記第2のコリメートするレンズが前記コリメートされた光を前記第3の光ファイバの前記端内に再び焦点を定めるように、前記第2のコリメートするレンズの第1の端面に近接する、請求項41に記載のWDMカブラ。

45. 前記第2のコリメートするレンズは第2の1/4ピッチGRINレンズを含む、請求項44に記載のWDMカブラ。

46. 前記第1および第2の光ファイバの前記端を保持する第1のスリーブをさらに含み、前記スリーブは前記光ファイバの端と共面の面を有し、さらに、

前記第3の光ファイバの前記端を保持する第2のスリーブを含み、前記スリーブは前記光ファイバの端と共面の面を有する、請求項44に記載のWDMカブラ。

47. 前記光ファイバの各々は前記ファイバの端内で終わる端区分を有し、さらに、

前記第1および第2の光ファイバのジャケットのない端区分を開口部内に保持する第1のスリーブを含み、前記端区分は前記第1および第2の光ファイバのコ

アおよびクラディングを含み、さらに、

前記第3の光ファイバのジャケットのない端区分を開口部内に保持する第2のスリーブを含み、前記端区分は前記第3の光ファイバのコアおよびクラディングを含む、請求項44に記載のWDMカブラ。

48. 前記第1のスリーブ内の前記開口部は前記第1および第2の光ファイバの

半径にちょうど合致する半径を有し、前記第2のスリーブ内の前記開口部は前記第3の光ファイバの半径にちょうど合致する半径を有する、請求項47に記載のWDMカブラ。

49. 前記第1、第2および第3の光ファイバの前記端区分は先細りしない、請求項48に記載のWDMカブラ。

50. 前記ファイバの端内で終わるジャケットのない端区分を有する第4の光ファイバをさらに含み、前記第2のスリーブは、前記第2のファイバからの光であって前記ロングパスフィルタによって通された光が前記第4の光ファイバの前記端内に再び焦点を定められるように前記ファイバの前記端区分を保持する、請求項48に記載のWDMカブラ。

51. 第1の付加的な数の光ファイバをさらに含み、前記第1の付加的な数の光ファイバの各々は端を有し、前記第1および第2の光ファイバならびに前記第1の付加的な数の光ファイバの前記端は互いにかつ前記第1のコリメートするレンズの前記第1の端面に近接し、さらに、

第2の付加的な数の光ファイバをさらに含み、前記第2の付加的な数は第1の付加的な数と等しく、前記第2の付加的な数の光ファイバの各々は端を有し、前記第3および第4の光ファイバならびに前記第2の付加的な数の光ファイバの前記端は互いにかつ前記第2のコリメートするレンズの前記第1の端面に近接し、前記長さ方向の軸と、前記第1の付加的な数の光ファイバの前記端と、前記第2の付加的な数の光ファイバの前記端とは、前記第1の付加的な数の光ファイバのうちの1つからの光であって前記ロングパスフィルタによって通された光が前記第2の付加的な数の光ファイバのうちの1つ内に通過するように、互いに対して配置される、請求項50に記載のカブラ。

52. 前記第1の付加的な数および前記第2の付加的な数はいずれも2に等しい、請求項51に記載のカブラ。

53. 第1の光ファイバから第2の光ファイバに光信号を伝送し、かつ、前記第2の光ファイバから前記第1の光ファイバへの光信号を遮断するための波長分割多重カブラおよびアイソレータであって、前記多重カブラおよびアイソレータは、  
ハウジングと、

前記ハウジングに装着されて前記第1のファイバの端を第1のコリメータと同軸の関係に保持するための第1のサブアセンブリと、

前記ハウジングに装着されて前記第2のファイバの端を第2のコリメータと同軸の関係に保持するための第2のサブアセンブリとを含み、前記第1および第2のコリメータは前記ハウジング内でそれらの間に光経路を形成し、さらに、

光を前記光経路内で前記光の波長に応答してフィルタリングするための手段と、

前記光経路から光を部分的に偏向させるための手段と、

前記ハウジング内の、前記部分的に偏向された光を受取って前記光経路内の光の強度を監視するための手段と、

前記光経路内の光アイソレータサブアセンブリとを含み、前記アイソレータサブアセンブリは前記光経路内で前記第1のコリメータから前記第2のコリメータに光を伝送し、かつ、前記光経路内で前記第2のコリメータから前記第1のコリメータへの光を遮断し、

これにより前記波長分割多重カブラおよびアイソレータは前記ハウジング内に集積されてそれを通る光信号を監視することが可能である、波長分割多重カブラおよびアイソレータ。

54. 前記光をフィルタリングする手段は前記光経路内にロングパスフィルタを含む、請求項53に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

55. 前記ロングパスフィルタはダイクロイックミラーフィルタを含む、請求項54に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

56. 前記光をフィルタリングする手段は前記光経路内にバンドパスフィルタをさらに含む、請求項54に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

57. 前記部分的に偏向する手段は前記光経路内に平面格子を含む、請求項53に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

58. 前記受取る手段は、前記ハウジング内に前記光経路からは離れた光検出器回路を含み、前記光検出器は前記格子から光信号を受取る、請求項57に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

59. 前記第1および第2のサブアセンブリのうちの1つが第3の光ファイバの端をコリメータと同軸の関係に保持し、前記第3の光ファイバはポンプレーザに

接続される、請求項58に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

60. 前記第1のサブアセンブリは前記第3の光ファイバの前記端を保持し、前記フィルタリングする手段は、前記偏向する手段が前記第1の光ファイバから前記第2の光ファイバに進行する光を偏向するように、前記光経路内に前記偏向する手段に対して位置付けられる、請求項59に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

61. 前記第2のサブアセンブリは前記第3の光ファイバの前記端を保持し、前記フィルタリングする手段は、前記偏向する手段が前記第1の光ファイバから前記第2の光ファイバに進行する光および、前記光をフィルタリングする手段によって反射された前記第3の光ファイバからの光を偏向するように、前記光経路内に前記偏向する手段に対して位置付けられる、請求項59に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

62. 前記ハウジング内に、前記光をフィルタリングする手段へと光を方向付け、かつ前記方向付けられた光を前記光経路内に配置する光源をさらに含む、請求項53に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

63. 光発生手段はレーザダイオードを含む、請求項62に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

64. 前記光アイソレータサブアセンブリはCdMnTeを含むファラデー施光器を有する、請求項62に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

65. 前記ファラデー施光器は水銀がドーブされたCdMnTeを含む、請求項64に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

66. 前記第1の光ファイバから前記第2の光ファイバに光信号を伝送し、かつ前記第2の光ファイバから前記第1の光ファイバへの光信号を遮断するための波長分割多重カブラおよびアイソレータであって、前記多重カブラおよびアイソレータは、

ハウジングと、

前記ハウジングに装着されて、前記第1のファイバの端を第1のコリメータと同軸の関係に保持するための第1のサブアセンブリと、

前記ハウジングに装着されて、前記第2のファイバの端を第2のコリメータと

同軸の関係に保持するための第2のサブアセンブリとを含み、前記第1および第2のコリメータは前記ハウジング内でそれらの間に光経路を形成し、さらに、

光を前記光経路内で前記光の波長に応答してフィルタリングするための手段と

、

前記ハウジング内に、前記光をフィルタリングする手段に向かうよう光を方向付け、かつ前記方向付けられた光を前記光経路内に配置する光源と、

前記光経路内に光アイソレータサブアセンブリとを含み、前記アセンブリは前記光経路内で前記第1のコリメータから前記第2のコリメータへの光を通過させ、かつ、前記光経路内で前記第2のコリメータから前記第1のコリメータへの光を遮断し、

これにより前記波長分割多重カブラおよびアイソレータは前記ハウジング内に集積される、波長分割多重カブラおよびアイソレータ。

67. 前記光経路内にバンドパスフィルタをさらに含む、請求項66に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

68. 前記光経路から光を部分的に偏向するための手段と、

前記ハウジング内に、前記部分的に偏向された光を受取るための手段とをさらに含む、請求項66に記載の集積された多重カブラおよびアイソレータ。

69. 前記部分的に偏向する手段は前記光経路内に平面格子を含む、請求項68

に記載の集積されたカプラおよびアイソレータ。

70. 前記受取る手段は光検出器回路を含む、請求項68に記載の集積されたカプラおよびアイソレータ。

71. 前記光源はレーザを含みかつ前記光をフィルタリングする手段は前記光経路内にロングパスフィルタを含み、前記レーザは前記ロングパスフィルタに向けられる出力を有し、前記ロングパスフィルタは前記光経路への前記レーザ出力を遮断する、請求項66に記載の集積されたカプラおよびアイソレータ。

72. 前記ロングパスフィルタは予め定められた波長を上回る光を伝送し、かつ前記予め定められた波長を下回る光を反射し、前記レーザ出力は前記予め定められた波長を下回る光を含む、請求項71に記載の集積されたカプラおよびアイソレータ。

73. 前記ロングパスフィルタはダイクロイックミラーフィルタを含む、請求項

72に記載の集積されたカプラおよびアイソレータ。

74. 前記光源はレーザを含みかつ前記光をフィルタリングする手段は前記光経路内にロングパスフィルタを含み、前記レーザは前記ロングパスフィルタに向かう出力を有し、前記ロングパスフィルタは前記光経路への前記レーザ出力を遮断し、前記ロングパスフィルタは、前記偏向する手段が前記第1の光ファイバから前記第2の光ファイバに進行する光を偏向するように、前記光経路上に前記偏向する手段に対して位置付けられる、請求項69に記載の集積されたカプラおよびアイソレータ。

75. 前記光源はレーザを含みかつ前記光をフィルタリングする手段は前記光経路内にロングパスフィルタを含み、前記レーザは前記ロングパスフィルタに向かう出力を有し、前記ロングパスフィルタは前記光経路上への前記レーザ出力を遮断し、前記ロングパスフィルタは、前記偏向する手段が前記第1の光ファイバから前記第2の光ファイバに進行する光および、前記ロングパスフィルタによって遮断された前記レーザからの光を偏向するように、前記光経路内に前記偏向する手段に対して位置付けられる、請求項69に記載の集積されたカプラおよびアイソレータ。



76. 前記光アイソレータサブアセンブリはCdMnTeを含むファラデー施光器を有する、請求項66に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

77. 前記ファラデー施光器は水銀がドーブされたCdMnTeを含む、請求項76に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

78. 複数の光源からの光信号を光ファイバネットワークの光ファイバ上に伝送するためのシステムであって、前記システムは、

前記光ファイバに接続された出力端子および複数の入力端子を有するコンバイナと、

複数のレーザダイオードとを含み、各レーザダイオードは前記光源のうちの1つのために予め定められた波長の光信号を発生し、さらに、

複数の集積された光アイソレータカブラを含み、各カブラは少なくとも2つの入力光ファイバおよび少なくとも1つの出力光ファイバを有し、各カブラは入力光ファイバから前記少なくとも1つの出力光ファイバへの光信号を通過させ、か

つ少なくとも1つの出力光ファイバから前記入力光ファイバへの光信号を遮断し、各入力光ファイバは前記レーザダイオードのうちの1つに接続されかつ前記1つの出力光ファイバは前記コンバイナの入力端子のうちの1つに接続される、システム。

79. 各カブラは、

端面と、長さ方向の軸と、前記長さ方向の軸に平行であって前記端面を通る開口とを有する第1のスリーブをさらに含み、前記開口は前記少なくとも2つの入力光ファイバの端区分を保持し、さらに、

端面と、長さ方向の軸と、前記長さ方向の軸に平行であり前記端面を通る開口とを有する第2のスリーブを含み、前記開口は前記少なくとも1つの出力光ファイバの端を保持し、前記第2のスリーブの端面は前記第1のスリーブの端面に面し、さらに、

前記第1のスリーブの端面の正面に、前記少なくとも2つの入力光ファイバからの光信号をコリメートするための第1の手段と、

前記第2のスリーブの端面の正面に、少なくとも1つの入力光ファイバからの

光信号を前記少なくとも1つの出力光ファイバ内にコリメートするための第2の手段と、

前記第1および第2のコリメートする手段の間に1対の楔型複屈折性結晶と、

前記対の複屈折性結晶の間にファラデー施光器とを含む、請求項78に記載の伝送するシステム。

80. 前記カブラの各々は2つの入力光ファイバおよび1つの出力光ファイバを有し、前記第1のスリーブ、前記第2のスリーブ、前記第1のコリメートする手段、および第2のコリメートする手段は、前記第2のコリメートする手段が両方の入力光ファイバからの光信号を前記1つの出力光ファイバ内にコリメートするよう、互いに対して位置合わせされる、請求項79に記載の伝送するシステム。

81. 前記カブラの各々は複数のn個の入力光ファイバおよび等しい数の出力光ファイバを有し、前記第1のスリーブ、前記第2のスリーブ、前記第1のコリメートする手段、および第2のコリメートする手段は、前記第2のコリメートする手段が前記入力光ファイバのうちの各々1つからの光信号を前記出力光ファイバ

のうちの異なる1つにコリメートするよう、互いに対して位置合わせされる、請求項79に記載の伝送するシステム。

82. nは2に等しい、請求項81に記載の伝送するシステム。

83. nは4に等しい、請求項81に記載の伝送するシステム。

84. 前記少なくとも2つの入力光ファイバの各端区分は、コアおよび前記コアを取囲む先細りしないクラッドを含む、請求項79に記載の伝送するシステム。

85. 前記少なくとも1つの出力光ファイバの前記端区分は、コアおよび前記コアを取囲む先細りしないクラッドを含む、請求項79に記載の伝送するシステム。

86. 前記第1および第2のコリメートする手段は各々、1/4ピッチGRINレンズを含む、請求項87に記載の伝送するシステム。

87. 前記第1のスリーブ面は前記少なくとも2つの入力光ファイバの端と共面であり、前記第2のスリーブ面は前記少なくとも1つの出力光ファイバの端と共

面である、請求項87に記載の伝送するシステム。

88. WDM光ファイバネットワークの伝送光ファイバ上の、複数の光源からの光信号を受取るためのシステムであって、前記システムは前記伝送光ファイバと複数のレシーバとの間に接続され、前記システムは、

複数のカプラを含み、各カプラは第1、第2および第3の光ファイバならびにフィルタを有し、それにより予め定められた波長を下回る波長の前記第1の光ファイバからの光信号は前記第2のファイバ内に進行し、かつ前記予め定められた波長を上回る波長の前記第1の光ファイバからの光信号は前記第3のファイバ内に進行し、

前記複数のカプラは、その第1の光ファイバが前記伝送光ファイバに接続された第1のカプラを含み、前記レシーバおよび残りの複数のカプラは互いにかつ前記第1のカプラに接続され、前記カプラの各フィルタの前記予め定められた波長は、各レシーバが前記カプラのうちの1つから、第2または第3の光ファイバからの特定の波長の光信号を受取るように選択される、システム。

89. 前記残りの複数のカプラは前記第1のカプラからカスケードに接続され、

各カプラはその第1の光ファイバが前記別のカプラの第3の光ファイバに接続され、かつその第2の光ファイバがレシーバに接続され、前記複数のカプラ内の各カプラの前記予め定められた波長は、各カプラの第2の光ファイバが特定の波長の光信号のみをレシーバに搬送するように選択される、請求項88に記載の受取るシステム。

90. 前記予め定められた波長は前記カスケード内の各カプラ内で単調に減少する、請求項89に記載の受取るシステム。

91. 前記複数のカプラの各々は、入来光信号の半分を第2および第3の光ファイバ内に分割するように選択されたフィルタを有する、請求項88に記載の受取るシステム。

92. 各カプラはさらに、

前記第1の光ファイバの端と、

前記第2の光ファイバの端と、

第3の光ファイバの端と、

第1および第2の端面と前記第1および第2の端面を通る長さ方向の軸とを有する第1のコリメートするレンズとを含み、前記第1のコリメートするレンズの前記第1の端面ならびに前記第1および第2の光ファイバの前記端は、互いにかつ前記第1の端面に近接し、さらに、

前記第1のコリメートするレンズの前記第2の端面に近接するロングパスフィルタを含み、前記ロングパスフィルタと前記第1のコリメートするレンズの長さ方向の軸と前記第1および第2の光ファイバの前記端とは、前記第1のファイバからの光であって前記ロングパスフィルタによって反射された光が前記第2のファイバ内に通過し、かつ前記第1のファイバからの光であって前記ロングパスフィルタによって通過された光が前記ロングパスフィルタからコリメートされた光として出ていくように、互いに対して配置され、さらに、

前記ロングパスフィルタからの前記コリメートされた光の経路内の第2のコリメートするレンズを含み、前記第3の光ファイバの前記端は、前記第2のコリメートするレンズが前記コリメートされた光を前記第3の光ファイバの前記端内に再び焦点を定めるように、第2のコリメートするレンズの第1の端面に近接する、

請求項88に記載の受取るシステム。

93. 前記カブラの各々内の前記ロングパスフィルタは、ダイクロイックミラーフィルタを含む、請求項92に記載の受取るシステム。

94. 各カブラ内の前記第1のコリメートするレンズおよび第2のコリメートするレンズは、1/4ピッチGRINレンズを含む、請求項93に記載の受取るシステム。

95. 各カブラ内の前記第1のコリメートするレンズおよび第2のコリメートするレンズは、従来のコリメートするレンズを含む、請求項93に記載の受取るシステム。

**【発明の詳細な説明】**

集積可能な光ファイバカプラならびに  
それによってできる装置およびシステム

**発明の背景**

この発明は、光ファイバの技術分野に関し、より特定的には、光ファイバカプラ、特に波長分割多重（WDM）カプラおよび光ファイバアイソレータ装置に関する。

厳密な光ファイバの用語法においては、光ファイバ「カプラ」は、光信号を複数の入力ファイバから複数の出力ファイバに転送する装置である。「コンバイナ」は1つ以上の入力ファイバからの光信号を単一の出力ファイバで組合わせる装置である。しかしながら、以下に説明するように、この発明は容易にどちらの型の装置にも適合できる。したがって、この発明の装置に関して使用される「カプラ」という用語は、両用語をカバーする広い意味を持つものである。

WDMカプラは、入力信号の波長に応答して、複数の入力情報チャネルからの入力信号を複数の出力情報チャネルに転送する。いずれのWDMカプラにおいてもその目的は、チャネル間のクロストークをゼロにすること、すなわち、目標とされていない出力チャネルが、実効的に、目標とされている出力チャネルにおける信号から分離され、よって、目標とされていないチャネルに信号が全く漏れないことである。

図1Aは先行技術の2×2WDMカプラの図である。1対の光ファイバのクラッディングおよびコアはともに溶融され、点線に囲まれているWDMカプラ10を形成している。カプラ10は、2つの入力ファイバ11、12および2つの出力ファイバ13、14を有する。第1の入力ファイバ11は波長 $\lambda_1$ の信号を搬送し、第2の入力ファイバ12は波長 $\lambda_2$ の信号を搬送する。理想的には、図1Aに示されているように、ただ1つの出力ファイバ、たとえば出力ファイバ13が波長 $\lambda_1$ の信号を搬送し、一方他の出力ファイバ14が波長 $\lambda_2$ の信号を搬送するべきである。 $\lambda_1$ 信号が出力ファイバ14に現れるまたは $\lambda_2$ 信号が出力ファイバ13に現れるとクロストークが起こる。

図1Aの溶融されたカプラを応用したものが、部分的に集積されたWDMカプ

ラおよびアイソレータ装置であって、これはD. G. クルト他 (D. G. Coult et al.) の1992年1月21日に発行された米国特許第5,082,343号に説明されている。溶融されたWDMカブラは図1Bに示される。(再び点線で囲まれている)カブラ20は2つの入力ファイバ15、16および出力ファイバ17を有する。2つの入力ファイバ15および16はともに溶融され、溶融されたファイバからの信号はコリメータ18に向かう。第2のコリメータ19はコリメータ18からのコリメートされた光信号の焦点を再び出力ファイバ17に合わせる。コリメータ18および19は図においては標準レンズとして示されている。1入力ファイバ15は波長 $\lambda_1$ の信号を搬送する。第2の入力ファイバ16は波長 $\lambda_2$ の信号を搬送する。コリメータ18と19との間の波長選択要素21は、1つの波長たとえば $\lambda_1$ の光を反射し、波長 $\lambda_2$ の光を通す。したがって、出力ファイバ17は $\lambda_2$ の信号を搬送する。

このWDMカブラおよびアイソレータの配置における問題点は、ファイバ15と16との間のクロストークによって反射された $\lambda_1$ の信号が搬送されるということである。以下に説明するように、 $\lambda_1$ 信号は理想的には入力ファイバ16のみに反射されるべきである。実際には、いくらかの $\lambda_1$ 信号が入力ファイバ15に反射され、クロストークが生じる。クロストークに加えて、また別の問題点は、このようなカブラは挿入損失および偏光による損失が大きいということである。加えて、この装置はかなり大きく、そのために装置の信頼性および頑丈さに悪影響がある。たとえば、装置を密閉することは大きい装置においてはより困難である。また、サイズが大きいと、光ファイバネットワークシステムのさまざまな点に所望されるようにこのような装置を挿入することが困難になる。上述の装置のさらなる欠点は、装置を通る信号をモニタするためのタップカブラなどといった他の所望の構成要素を依然としてファイバのスプライシングによって接続せねばならないということである。このために全体としてのシステムの性能が下がり、さらに信頼性の問題を生じさせている。

これとは対照的に、この発明は、溶融されたカブラの問題点を防いでいる、または実質的に緩和している。この発明による光ファイバカブラは、はるかに高い光学性能を有し、容易に他の光学要素と集積して優れた特徴をもつ高性能の集積

カプラおよび光アイソレータを作ることができる。これらのカプラおよびアイソレータ装置には、チャンネルの間を高度に分離する集積されたWDMカプラおよびアイソレータ装置が含まれる。この装置は、上述の特許に説明されるWDMカプラおよびアイソレータを大きく改良するものである。

さらに、これらの進んだカプラおよびアイソレータは、より高性能で低価格かつ優れた信頼性を有する進んだ光ファイバシステムを提供する。

#### 発明の概要

この発明は、第1のスリーブ、第2のスリーブ、第1のコリメートするGRINレンズまたは従来のレンズ、および第2のコリメートするGRINレンズまたは従来のレンズを有する光ファイバカプラを提供する。第1のスリーブは、端面、縦軸、および端面を通る縦軸に平行な開口を有する。開口は、2つまたはそれ以上の入力光ファイバの端区域を支持する。第2のスリーブは、端面、縦軸、および端面を通る縦軸に平行な開口を有し、この開口は少なくとも1つの出力光ファイバの端を支持する。第2のスリーブの端面は第1のスリーブの端面に面している。第1のスリーブの端面の前の第1のコリメートするGRINレンズまたは従来のレンズは入力光ファイバからの光信号をコリメートし、第2のスリーブの端面の前の第2のコリメートするGRINレンズまたは従来のレンズは少なくとも1つの入力光ファイバからの光信号の焦点を単一の出力ファイバに合わせるか、または、少なくとも1つの出力光ファイバに合わせる。

出力光ファイバと入力光ファイバの数が等しいときには、第1のスリーブは入力光ファイバの端を支持し、第2のスリーブは出力光ファイバの端を支持し、カプラの第1および第2のコリメートするレンズは、1入力光ファイバからの光信号が1出力光ファイバを通るように配置される。他の入力光ファイバからの光信号は他の出力光ファイバを通過する。

もし、カプラが特定の機能のために必要とされるのであれば、他の光ファイバ要素、たとえば光アイソレータのコアまたはロングパスフィルタなどを、第1および第2のコリメートするレンズの間に形成される光経路の間のカプラに集積することができる。ロングパスフィルタはカットオフ波長を有し、これを上回る光

信号は通し、これを下回る光信号は反射される。第1の入力ファイバから来てロングパスフィルタによって反射された光が第2の入力ファイバを通過し、第1の入力ファイバから来てロングパスフィルタを通過した光がロングパスフィルタをコリメートされた光として出るように、フィルタは第1のコリメートするレンズに関して配置され、入力光ファイバの端は互いに対して配置される。

光アイソレータおよびロングパスフィルタの両方を挿入することによって、この発明はまた、光ファイバ増幅器および光ファイバ増幅器のためのポンピングレーザと組合せるに極めて適した集積されたWDMカプラおよびアイソレータを提供する。もしも光学タップが所望ならば、2つのコリメートするレンズの間の光経路に平面格子を加えてもよい。格子は、光の小部分を光経路から偏向させ、光経路内の光の強度をモニタするために使用される光検出器回路へと向ける。

この発明において、レーザダイオードもまたカプラに集積されてもよい。レーザはその出力をロングパスフィルタに対して向け、これはレーザの出力を光経路に反射する。この配置は、単にポンピングレーザを集積されたパッケージに集積するだけでなく、先行技術よりも性能を高める。

この発明はまた複数の光源からの光信号をWDM光ファイバネットワークの光ファイバに伝送するためのより進んだシステムを提供する。このシステムは、いくつかの入力端子、および光ファイバに接続された出力端子を有する第1のコンバイナを有する。この発明により、このシステムはまた、複数のレーザダイオードを有し、各ダイオードは光源の1つに対し予め定められた波長の光信号を発生し、さらに光アイソレータ要素と集積された複数のカプラを有する。各集積カプラは2つまたはそれ以上の入力光ファイバおよび少なくとも1つの出力光ファイバを有し、各入力光ファイバはレーザダイオードと接続され、出力光ファイバは第1のコンバイナの入力端子の1つと接続される。各集積カプラは、入力光ファイバから出力光ファイバへの光信号を通し、出力光ファイバから入力光ファイバへの光信号を遮断する。

最後に、この発明は、WDM光ファイバネットワークの伝送光ファイバにおける複数の光源からの光信号の進んだ受信システムを提供する。このシステムは、伝送光ファイバと複数のレシーバとの間に接続される。このシステムは、この発



明により複数のカブラを有する。各カブラはロングパスフィルタ要素と集積される。受信システムの第1のカブラは伝送光ファイバと接続された第1の光ファイバを有する。レシーバおよび残りのカブラは互いにおよび第1のカブラに接続される。カブラの各ロングパスフィルタの予め定められたカットオフ波長は、各レシーバがカブラの1つからの第2または第3の光ファイバからの特定の波長の光信号を受けよう態様で選択される。したがって、カブラは、受信システムの特定の仕様に合致するようカスケード配置で、ハイブリッド配置で、または両者を組合せて配置することができる。

#### 図面の簡単な説明

図1Aは先行技術の溶融されたファイバ、WDMカブラの図である。図1Bは図1AのWDMカブラの変形である。

図2は、この発明によるカブラの断面図である。

図3は、図2のカブラの入力光ファイバの端の詳細図である。

図4は、図2のカブラの入力光ファイバおよび出力光ファイバ間の光信号の進行を示す図である。

図5Aは $\frac{1}{2}$ ピッチのGRINレンズを通る光線の跡である。図5Bは $\frac{1}{2}$ ピッチ

のGRINレンズとして動作するよう設計された2つの従来のレンズを通る光線の跡である。

図6Aから図6Cは図2のカブラを製造するステップのいくつかを示す。

図7は、この発明によるカブラ、ここではコンバイナの別の実施例の断面図である。

図8は、この発明による光アイソレータサブアセンブリを含むカブラの別の実施例の断面図である。

図9Aから図9Bは図8のカブラを製造するステップのいくつかを示す。

図10は、この発明による、ハイパスフィルタを含むカブラの別の実施例の断面図である。

図11は、図10のカブラを製造する初期ステップを示す。

図12は、図10のカブラの変形の断面図である。

図13は、この発明による前向きのポンピング配置における波長分割多重カブラおよびアイソレータの一実施例の断面図である。

図14は、この発明による前向きのポンピング配置における波長分割多重カブラおよびアイソレータの一実施例の図である。

図15は、この発明による後向きのポンピング配置における図14の波長分割多重カブラおよびアイソレータの図である。

図16は、この発明による前向きのポンピング配置における波長分割多重カブラおよびアイソレータの別の実施例の図である。

図17は、どのようにして、この発明による二重ポンピング配置において図13から図15の波長分割多重カブラおよびアイソレータが使用され得るかを示す。

図19は、先行技術によるWDMネットワークのブロック図である。

図20は、WDMネットワークのためのこの発明による進んだ伝送システムのブロック図である。

図21は、WDMネットワークのためのこの発明による別の伝送システムのブロック図である。

図22は、WDMネットワークのためのこの発明による図2のカブラを使用した進んだレシーバシステムのブロック図である。

図23は、図22のカブラの反射率対波長をプロットしたグラフである。

図24は、図22のカブラの1つおよびいくつかの関連する光学パラメータの図である。

図25は、WDMネットワークのためのこの発明による別の進んだレシーバシステムのブロック図である。

さまざまな局面におけるこの発明の理解を深めるために、要素または要素の機能が変化していないときには図面中では同一の参照番号が使用されていることに留意されたい。

#### 好ましい実施例の詳細な説明

##### 基本的集積可能光ファイバカブラ

図2は、この発明による光ファイバカブラの断面図である。カブラは、ともに

溶融されてはいない2つの入力光ファイバ30および31の端区域を、ガラススリーブ33の縦軸を通る開口部37で組合せている。同様に、出力ファイバ32および39の端区域はガラススリーブ36の縦軸を通る開口部38で支持されている。スリーブ33は傾斜した角度の面を有し、これは $\frac{1}{4}$ ピッチGRIN（勾配屈折率）レンズ34の対応するように傾斜した面と近接している。同様に、スリーブ36は傾斜した角度の面を有し、これは $\frac{1}{4}$ ピッチGRINレンズ35の対応するように傾斜した面と近接している。

入力光ファイバ30および31、ならびに出力光ファイバ32および39の端区域はジャケットのない光ファイバによって形成される。各ファイバのコアおよびクラディングは露出されており、露出されたクラディングおよびコアは徐々に細くなってもならなくてもよい。図3はスリーブ33の開口部37の詳細な断面端面図である。この例においては、ファイバ30および31の端区域は徐々に細くなってはいない。したがって、各ファイバの断面直径は、単一モードファイバの典型的なクラディングの直径である $125\mu$ である。開口部37の直径は、2つのファイバ30および31がピッタリと収容できる $250\mu$ である。同様に、スリーブ36の開口部38の断面の直径は出力光ファイバ32および39の徐々に細くなっていない端区域を収容できるように $125\mu$ である。

入力光ファイバ30および31からの光はGRINレンズ34によってコリメートされる。コリメートされた光は、第2のGRINレンズ35によって出力光ファイバ32および39の端に焦点を再び合わされる。しかしながら、カプラは入力光ファイバ30および31から出力光ファイバ32および39への光信号を混合しない。図4は、入力光ファイバから出力光ファイバへの光信号の伝送を中実の円および「+」の円で示している。入力光ファイバ70からの波長 $\lambda_1$ の光は出力光ファイバ72に受けられ、入力光ファイバ31からの波長 $\lambda_2$ の光は出力光ファイバ39によって受けられる。

機能的には、2つの $\frac{1}{4}$ ピッチGRINレンズ34および35は、2つの等しい部分に分割された $\frac{1}{2}$ ピッチのGRINレンズとみなすこともできよう。図5Aは $\frac{1}{2}$ ピッチGRINレンズ80の作用を示す。点線83は $\frac{1}{2}$ ピッチGRINレンズ80が2つの $\frac{1}{4}$ ピッチGRINレンズ81および82に分離され得る場所を示し

ている。GRINレンズ80は縦軸86を有する。レンズ80の一表面における軸86上の光源の点Aは、レンズ80の他の表面で軸86上の点A'として現れる。これは点Aから点A'への線の跡として示される。レンズ80の一表面の縦軸86から若干ずれた点Bはレンズ80の他の表面で同様に縦軸86からずれているが反対の方向にずれた点B'として現れる。

図2に図示されているように、入力光ファイバ30および31はスリーブ33を通る中央開口部37にピッタリと嵌まる。ファイバ30および31のクラディングは2つのファイバのコアの間の距離を維持している。同様に、出力光ファイバ32および39はスリーブ36を通る中央開口部38にピッタリと嵌まり、ファイバ32および31のクラディングはこれら2つのファイバのコアの間の距離を維持している。上述のように、2つの $\frac{1}{4}$ ピッチGRINレンズ34および35は、分かれてはいるものの、動作においては1つの $\frac{1}{2}$ ピッチのGRINレンズを形成する。入力光ファイバ30、31、および出力光ファイバ32、39の端は組合わされたGRINレンズ34および35の縦軸に関して説明される。

入力光ファイバ30および31の端は、各端、特定的にはファイバのコアが縦軸から若干ずれるように、GRINレンズ34の一端面に対して配置される。これと対応して、出力光ファイバ32および39の端はまた、各ファイバの端が縦軸から若干ずれ、入力光ファイバの反対にくるようにGRINレンズ35の他の端表面に対して配置される。この結果、1入力光ファイバ30(31)のコアからの光は、組合わされた $\frac{1}{4}$ ピッチGRINレンズ34および35の縦軸に関して入力光ファイバと反対にくる出力光ファイバ32(39)のコアによって受けられる。代替的に、1入力光ファイバおよび1出力光ファイバが縦軸に沿って位置づけられ、他の入力光ファイバおよび出力光ファイバが縦軸に関して互いに反対に位置づけられてもよい。

GRINレンズの理論的な動作から必要となる上述の縦軸に関してのファイバの端の位置づけに関しての説明は理想的なものであることに注意せねばならない。経験的には、WDMカブラの最大限の性能を達成するためにはさらに精密な調整が必要となることがわかっている。

図6Aから図6Cは図2に示すカブラの製造において有益なステップのいくつ

かを示す。カブラで使用されるGRINレンズは理論上は $\frac{1}{4}$ ピッチであるが、実際には、0.23ピッチのレンズがより優れたコリメートする性能を提供することがわかっている。標準レンズもまたコリメータとして使用することはできるが、GRINレンズの方が性能が優れており、製造もより容易でありかつ耐久性も優れていることがわかっている。

図6Aで図示しているように、GRINレンズ34の背面は、ここでは誇張した角度で示されているが、角度をつけて研磨されている。典型的には、この研磨角は、GRINレンズ34の縦軸に垂直な平面から $8 \sim 12^\circ$ である。2つの入力光ファイバ30および31の端はその保護ジャケットが取除かれており、これらのファイバの端区域におけるコアおよびクラディングは徐々に細くなっているが、または細くなっていなくてもよい。ファイバの端区域を徐々に細くするためには、ファイバの端は緩衝されたHF溶液に繰返し浸けられる。次にファイバの2つの端は、2つのファイバ30および31の端区域を受けるに十分な大きさの中央開口部37を有する石英のガラススリーブ33に挿入される。2つのファイバの端はスリーブ33の端を越えて延び、スリーブの前面と同一平面に切断される。次にスリーブ33の前面はGRINレンズ34の背面と同じ角度に研磨される。反射防止コーティングがスリーブ33の前面およびGRINレンズ34の背面に施される。ガラススリーブ33の前面およびGRINレンズ34の背面は次にそれらの面の角が平行でありかつ対応するような関係において近接するよう一緒にされる。その間の距離は $5 \sim 10 \mu\text{m}$ である。スリーブ33およびGRINレンズ34はUV硬化エポキシ49またははんだによって定位置に支持される。

図6Bに図示されているように、スリーブ33は光ファイバ30および31の端を支持する石英シリンダ46の中に位置づけられ、スリーブ33およびGRINレンズ34はステンレススチールのシリンダ型ハウジング47の中央に位置する。ハウジング47はコリメータのサブアセンブリ50の外部カバーを形成する。エポキシ48は、コネチカット州ダンベリー (Danbury) のエレクトロライト社 (Electro-Lite Company) のモデル4481のようなものであるが、サブアセンブリ50を定位置に支持する。

第2のコリメータサブアセンブリ51は、同様に、出力光ファイバ32の端を

支持する石英スリーブ36の角度をつけて研磨された前面と対応する関係にある

、  
同様に角度をつけて研磨された背面を有する $\frac{1}{4}$ ピッチのGRINレンズ35から形成される。これは図6Cに図示される。石英シリンダ44は、GRINレンズ35ならびに光ファイバ32および39をシリンダ型サブアセンブリハウジング45内の定位置に支持する。図6Cに図示しているように、2つのGRINレンズ34および35の前面は互いに対して面し光経路を形成している。サブアセンブリ50および51はカブラを形成する。すなわち、入力光ファイバ30および31上の光信号は出力光ファイバ32および39へと通過する。

2つ以上の光ファイバをスリーブ33、36の中央開口部37、38に挿入することもできる。もちろん、開口部37、38の直径は付加的なファイバを収容できるよう拡大されねばならない。4×4のカブラでも結果は成功した。1つのファイバがGRINレンズの縦軸に沿って通り、残りの4つのファイバが中央のファイバのまわりに間隔をおいて位置づけられるような5×5のカブラも考えられる。

したがって、 $\frac{1}{2}$ ピッチGRINレンズまたは2つの分離された $\frac{1}{4}$ ピッチのGRINレンズによって、カブラは1入力光ファイバから1出力光ファイバへと光信号を伝送することができる。他の入力光ファイバは他の出力光ファイバにその信号を伝送し、それ以外も同様である。

上述のカブラはWDMネットワークにおいて動作することができ、WDMカブラとも考えられる。しかしながら、入力光ファイバは互い（および上述のようなすべての介在する光学要素）に関してのファイバの配置によって出力光ファイバと結合されており、信号の波長の関数として結合されているのではないので、カブラは単一のカブラと考えるのが最良であろう。カブラは多くの機能に適合できる。もしカブラが入力光ファイバと出力光ファイバとの間に信号を通すために必要とされるのであれば、入力光ファイバおよび出力光ファイバを備えた $\frac{1}{2}$ ピッチのGRINレンズが上述のように配置される。もしカブラに付加的な機能を集積することが必要ならば、 $\frac{1}{4}$ ピッチのGRINレンズの間の光経路に要素を容易に挿入することができる。

また従来の均質なレンズをGRINレンズの代わりにカプラにおいて使用する

こともできるだろうが、サイズ、価格、性能、および信頼性などの要素のバランスを考慮するとGRINレンズがより優れているものと考えられる。均質なレンズおよび非球面レンズを含む従来のコリメートするレンズは $\frac{1}{4}$ ピッチのGRINレンズの代わりに使用することができよう。従来のレンズはまた、 $\frac{1}{2}$ ピッチGRINレンズの代わりに使用することもできよう。図5Bは図5Aの $\frac{1}{2}$ ピッチGR

INレンズ80と同じ大きさで同様に動作するよう設計された2つの従来のレンズ90および91を示す。光ビームの開口数、中央軸96からの点DおよびD'の軸からのずれの距離、およびコリメートされた光の直径はまた等しい。

図7はこの発明による光ファイバカプラの別の実施例の断面図である。この場合、カプラは、複数の入力光ファイバがその光信号を単一の出力光ファイバに通せるようにする光ファイバコンバイナとして形成されている。

図2のカプラに関して先に説明したように、あわせて溶融されていない2つの入力光ファイバ70および71の端区域は、ガラススリーブ73の縦軸を通る中央開口部77に挿入されている。2つの出力光ファイバの代わりに、単一の出力光ファイバ72の端区域が、ガラススリーブ76の縦軸を通る中央開口部78内に保持される。スリーブ73は傾斜した角度の前面を有し、これは $\frac{1}{4}$ ピッチGRIN（勾配屈折率）レンズ74の対応するように傾斜した背面と近接している。同様に、スリーブ76は傾斜した角度の前面を有し、これは $\frac{1}{4}$ ピッチGRINレンズ75の対応するように傾斜した背面と近接している。前と同様に、入力光ファイバ70および71ならびに出力光ファイバ72の端区域は光ファイバのジャケットのない区域から形成され各ファイバのコアおよびクラッドは露出している。露出したクラッドおよびコアは徐々に細くなっているなくてもよい。

上述のカプラは、2つの入力光ファイバ70および71からの光信号が出力光ファイバ72において組合わされるコンバイナであるので、断片的な損失を減少させるために、できる限り多くの光を両入力光ファイバから出力光ファイバ72

が受取ることが望ましい。入力光ファイバ70および71の各々からの光が点へと再び焦点を合わせられないようにGRINレンズ75のピッチは機能的な $\frac{1}{4}$ ピッチよりも若干多いかまたは若干少ない。各入力光ファイバからの光は、出力光ファイバ72の端が少なくとも光の一部を受けるとして若干焦点かずらされている。

もし2つの入力光ファイバ70および71の波長の間の差が十分に大きければ、各入力光ファイバから出力光ファイバ72への光の断片的な損失を許容できる。一方で、もしこの波長の差が十分に大きくなければ、出力光ファイバ72の端は適切に拡大されたコアから形成され、よって各入力光ファイバ70および71から出力光ファイバへの光の転送を増加させかつ断片的な損失を低く抑えるようにする。適切にコアが拡大された適切なファイバは日本の東京の住友大阪セメントの熱膨張したコアの光ファイバを含む。もし付加的な機能をカブラに集積するこ

とが必要ならば、光ファイバ要素を図2および図7に図示したカブラの $\frac{1}{4}$ ピッチ

GRINレンズの間の光経路に容易に挿入することができる。

#### 光アイソレータと集積されたカブラ

図8のカブラの実施例においては、光アイソレータのコア要素が図2のGRINレンズ34と35との間に挿入され、結果としてできるカブラが分離機能をしている。光アイソレータコアによって、確実に、前向きの光がカブラを通してられ、後向きの光が効果的に遮断される。

2つの $\frac{1}{4}$ ピッチのGRINレンズ34と35との間に光アイソレータコアが2つのくさび型の複屈折結晶40および42によって形成され、これらはファラデー旋光器41の両側に位置づけられ、これは動作するために磁界を必要とする。環状の磁石43が結晶40および42ならびに旋光器41を保持している。

入力ファイバ30または31のいずれからかの光がGRINレンズ34によってコリメートされる。光アイソレータコアを通過した後、コリメートされた光は、GRINレンズ35によって再びコリメートされるかまたは出力ファイバ32



または39の端に焦点を合わせられる。逆に、出力ファイバ32または39からの光が、GRINレンズ35によってコリメートされ入力ファイバ30および31の端に再び焦点を合わせられると考えられるかもしれない。しかしながら、光アイソレータコアの作用は、一方向における光の進行のみを可能にし、反対方向への光を遮断する。光アイソレータコアの作用に関する説明は、1993年5月4

日に発行され現在の譲受人に譲渡された「光アイソレータ」(Optical Isolator)と題された米国特許第5,208,876号に見られる。

図9Aおよび図9Bはコリメータサブアセンブリ50と51との間のアイソレータコアアセンブリ52の構築を示す。図9Aおよび図9Bにおけるステップは図6Aから図6Cの製造ステップを継続している。光アイソレータサブアセンブリ52は2つの複屈折結晶偏光器40および42をファラディ旋光器41の両側に有する。これら3つの要素は石英ガラスシリンダ49内の定位置に支持される。シリンダ49はシリンダ44から突出するGRINレンズ35の一部と係合する。シリンダ型ホルダ49のまわりにはファラディ旋光器41とともに機能する環状磁石43がある。旋光器41として使用される材料は不純物をドーブされたガーネットまたは、YIG、およびTGGを含む。

これまで光アイソレータにおけるファラディ旋光器として使用されてきたこれらの材料は、1200から1600nmの波長においては非常にうまく動作する。しかしながら、光アイソレータは時々より短い波長、特定的には、980および1017nmで動作するレーザとともに使用される。CdMnTe(カドミウムマンガンテルル)またはHgをドーブされたCdMnTeは大きいベルデ定数を有し、この発明が企図し以下に説明されるような集積されたWDMカプラおよびアイソレータに適合しかつこのようなより短い波長においても実効的に動作するよう、ファラディ旋光器を十分に小さくすることができる。CdMnTe(より正確には $Cd_{1-x}Mn_xTe$ )またはHgをドーブされたCdMnTeもまた、1200から1600nmの光の波長において動作するファラディ旋光器として使用してもよく、また標準的光アイソレータにおけるファラディ旋光器で使用し

てもよい。

図9Bは2つのコリメータサブアセンブリ50および51ならびに光アイソレータサブアセンブリ52を含む完全なカプラを示す。完全な装置は、小型化されるように約21mm×13mmの商業的に利用できる14本のピンのバタフライ型パッケージ53に集積することができる。このパッケージはレーザおよびはんだを組合せた溶接によって密封されそのインテグリティおよび信頼性を高められる。

GRINレンズ／光ファイバサブアセンブリ、および以下に説明するアイソレータコアサブアセンブリの製造についてのより詳細な情報は、上述の米国特許第5,208,876号に見られる。

図10は図8の光アイソレータサブアセンブリを図7のカプラに挿入したものを示す。図10のカプラがこれで分離機能を有することは明らかである。光信号は入力ファイバ70または71のいずれからでも出力ファイバ72に通ることができるが、出力ファイバ72から入力ファイバ70および71への光は遮断される。

#### 波長依存フィルタと集積されたカプラ

分離機能を備えたカプラにおいて、光アイソレータコアがカプラのGRINレンズの間に挿入される。もし波長応答性の要素が2つのGRINレンズの間に挿入されるならば、WDMカプラとなる。

たとえば、図11は2つの $\frac{1}{4}$ ピッチのGRINレンズ74と75との間のロングパスフィルタ44を備えた図7のカプラを示している。フィルタ44はカットオフ波長を有し、すなわち、フィルタ44はこれを上回る波長の光は通し、これを下回る波長の光は反射する。

ファイバ70または71のいずれからかの光がGRINレンズ74によってコリメートされる。ロングパスフィルタによって反射されなかったコリメートされた光は、GRINレンズ75によって出力ファイバ72の端に再びコリメートされるかまたは焦点を合わせられる。波長 $\lambda$ の入力光信号がファイバ70の上を進行すると仮定するのならば、この光信号は $\lambda$ がフィルタ44のカットオフ波長よ

りも小さいかまたは大きいかに依存して、ファイバ71に反射されるかまたは出力ファイバ72を通るかである。2つのファイバ70および71の端は、フィルタ44によって反射されたファイバ70からの光がGRINレンズ74によってファイバ71の端に再び焦点を合わされるようGRINレンズ74の縦軸に関して配置される。2つのファイバ70と71との間の反射関係は相互的である。WDMカブラは実際、ファイバ70および71の端、 $\frac{1}{4}$ ピッチGRINレンズ74ならびにフィルタ44から形成される。なぜならば、入ってくる光は光の波長に応答して転送されるからである。

WDMカブラの動作は以下のように理解される。入力ファイバ70および71の端が、各ファイバの端、特定的にはファイバのコアがGRINレンズ74の縦軸から若干ずれるように、GRINレンズ74の一端表面に関して配置される。

上述のように、2つの $\frac{1}{4}$ ピッチGRINレンズは動作上は1つの $\frac{1}{2}$ ピッチGRINレンズを形成する。したがって、 $\frac{1}{4}$ ピッチGRINレンズ74を通して進行し、GRINレンズ74を通してロングパスフィルタ44によって反射されたファイバ70からの光信号は再び実際は $\frac{1}{2}$ ピッチGRINレンズを通過する。光はレンズ74の縦軸から若干ずらされたファイバ70の端から出るので、反射された光は縦軸から反対の方向に若干ずらされたファイバ71の端に再び焦点を合わせられる。対称性のために、フィルタ44によって反射されたファイバ71からの光がファイバ70の端において再び焦点を合わせられるのはわかりやすい。フィルタ44を通過する光はファイバ72の端に第2の $\frac{1}{4}$ ピッチGRINレンズ35によって再び焦点を合わせられる。この場合、2つの $\frac{1}{4}$ ピッチGRINレンズ74および75は $\frac{1}{2}$ ピッチGRINレンズとして作用する。

図6Aから図6Cにおいて先に説明した製造ステップはWDMカブラの製造において使用することもできるだろう。図6Aに示すステップの前に、ロングパスフィルタ44、典型的にはダイクロイックミラーフィルタ板が、図12に図示するように、 $\frac{1}{4}$ ピッチGRINレンズ74の平らな前面に取付けられる。代替的に、ダイクロイックフィルタ材料はGRINレンズの表面に直接取付けることもでき

る。言い換えれば、反射防止コーティングはフィルタ44の露出された面に施される。フィルタ44はまたGRINレンズ74から離して装着することもでき、フィルタ44の両面は反射防止材料でコーティングされる。このような分離装着は、先の代替案が簡潔であったことを考えればあまり所望であるとは考えられない。

WDMカブラの別の実施例が図13に示される。この場合には、ロングパスフィルタ44が、図2のカブラのGRINレンズ34と35との間に挿入される。カブラは2つの前方ファイバ30、31および2つの出力ファイバ32、39を有する。動作的には、フィルタ44のカットオフ波長を上回る波長を有する光は、図4に図示したように前方ファイバ30、31から出力ファイバ32、39へ通

る。カットオフ波長を下回る波長については、ファイバ30からの光はフィルタ44によって反射されファイバ31に戻り、またその逆である。

さらに、2つ以上の光ファイバをスリーブ33、36の中央開口部37、38に挿入してもよい。もちろん、開口部37、38の直径は、付加的なファイバを収容できるよう拡大されねばならない。4×4のWDMカブラで成功した結果が得られている。

#### 集積されたWDMカブラおよびアイソレータ

WDMカブラの高い分離性能は、図1BのWDMカブラと同じ機能を有するWDMカブラにつながる。図1Bの先行技術のWDMカブラおよび図面に関連して引用された特許は光ファイバ増幅器との応用に向けられていた。光ファイバ増幅器は1つの波長のメッセージ信号を他の波長のポンプ信号からブーストする。これらの光ファイバ増幅器、特にエルビウムをドープされたファイバ増幅器は高速光ファイバ伝送リンクおよびネットワークにおいてますます使用されるようになっている。この種の増幅器はネットワークのさまざまな点に容易に挿入することができ、よって、たとえば数キロメートルの光ファイバを通して進行してきた光信号をブーストするためのリピータ機能を提供する。

光ファイバ増幅器は、波長分割多重カブラによってポンプ信号を提供するレー

ザに結合される。レーザはノイズに弱いので、アイソレータもまた増幅器／レーザシステムに結合され、増幅器の性能を悪くするノイズおよび偽の信号を遮断する。これらの装置によって、ポンプレーザを効果的に光ファイバ増幅器に結合することができ、よって光ファイバ増幅器を通るメッセージ信号はレーザ信号から供給されたエネルギーによって増幅される。

もし光アイソレータサブアセンブリがまた、図11のカブラのGRINレンズの間にハイパスフィルタとともに挿入されるのならば、優れた性能の集積されたWDMカブラおよびアイソレータ装置が作られる。図14はこの発明のこの実施例を示す。入力ファイバ70は波長 $\lambda_2$ の光を搬送し、入力ファイバ71はより短い波長 $\lambda_1$ の光を搬送する。2つのGRINレンズの間にはロングパスフィルタ44があり、これはダイクロイックフィルタであって、入力ファイバ70の波

長 $\lambda_2$ を下回り、入力ファイバ71の波長 $\lambda_1$ を上回るカットオフ波長を有する。

上述の態様において、入力ファイバ70および71の端は、ダイクロイックフィルタ44によって反射された入力ファイバ71からの光が入力ファイバ70の端にGRINレンズ74によって再び焦点を合わされるように、GRINレンズ74の縦軸に関して配置される。入力ファイバ71からの光は入力ファイバ70に送られ、入力ファイバ70からの光はコリメートされた光としてフィルタ44を前向きに通過する。GRINレンズ25は入力ファイバ70からの光を出力ファイバ72の端へと再び焦点を合わせることによって再びコリメートする。

結果としてできる集積されたカブラおよびアイソレータは、900から1200 nmの間の波長で動作するポンプレーザによって励起された光ファイバ増幅器と効果的に動作できる。たとえば、1550 nm波長のメッセージ信号は、結合された光ファイバ増幅器を駆動するためにポンプレーザからのより短い波長を使用することができる。もしポンプレーザが1480 nmの出力を発生するのならば、たとえば、標準的なファラディ旋光器材料を光アイソレータサブアセンブリ29内で使用できる。980または1017 nmのポンプレーザが所望であるならば、CdMnTeのファラディ旋光器を使用すべきである。もちろん、上述の米国特許第5,208,876号で説明されているように別個のアイソレータ

装置においてファラディ旋光器にCdMnTeまたはHgをドーピングされたCdMnTeを使用することもできよう。

WDMカプラおよびアイソレータは簡潔であって光ファイバネットワークに好都合に挿入できる。完全な装置は、小型化のために商業的に利用できる約21mm×13mmの14本のピンのバタフライ型パッケージに集積できる。このパッケージはレーザおよびはんだを組合せた溶接によって密封され、インテグリティおよび信頼性が向上する。

上述の波長分割多重カプラは高い性能を有する。挿入損失は、溶融されたファイバのWDMカプラにおいて0.5から1.0dBであったのに比べ、0.2dBであることがわかっており、偏光による損失は溶融されたファイバカプラにおいて0.1dBであったのに比べ0.01dBであることがわかっている。クロストークは極めて低く、分離損失は溶融されたファイバカプラにおいて18dB

であったのに比べ30dBを超えている。図1Bおよび図14のカプラについては、分離損失は、1入力ファイバからの光の強度を他の入力ファイバに反射される光の強度で除した比率として定義される。

この発明のカプラによって、他の集積された光学要素との優れた性能を保持するWDMカプラおよびアイソレータ装置が可能になる。図15は、この発明により光学タップ装置が加えられたWDMカプラおよびアイソレータを図的に示す。この装置は、コリメータサブアセンブリ110および111を支持するハウジング99を有する。サブアセンブリ110は2つの光ファイバ100および101の端を支持し、サブアセンブリ111は光ファイバ102の端を支持する。各サブアセンブリはファイバの端をコリメートするGRINレンズで支持している。サブアセンブリおよびコリメートするGRINレンズは互いの間に光経路を形成するよう配置される。

サブアセンブリ110の前にありサブアセンブリの前部に取付けられているのはロングパスフィルタ114、ダイクロイックミラーフィルタ114である。フィルタ114の前には、2つのサブアセンブリ110と111との間の光経路から光の小部分を偏向させるビームスプリッタ117の形の光学タップがある。任

意のバンドパスフィルタ118が光経路における次の要素であって、これはサブアセンブリ111のすぐ前に光アイソレータコアサブアセンブリ104を有する。サブアセンブリ104に関連づけられる矢印は、サブアセンブリ104が光信号を通過させる方向を示している。それとは反対の方向の信号は遮断される。

図15に示す集積された波長分割多重カプラおよびアイソレータは、光ファイバ増幅器と、典型的にはエルビウム(Er)、プラセオジウム(Pr)、ネオジウム(Nd)などの希土類金属をドープされた光ファイバとポンプレーザとともに動作する。光ファイバ101は、(図示しない)ポンプレーザからの出力信号をカプラおよびアイソレータ装置に搬送する。第2の光ファイバ100は、増幅された情報、すなわち、(図示しない)希土類金属をドープされたファイバから多重カプラおよびアイソレータへのメッセージ信号、ならびにレーザからのおよび多重カプラおよびアイソレータ装置からのレーザポンプ信号を搬送する。

光ファイバ100からの増幅された光信号は、サブアセンブリ110によって

コリメートされ、光はロングパスフィルタ114に向けられる。同時に、レーザポンプは光ファイバ100上のメッセージ信号の波長を下回る波長の光信号を発生する。光ファイバ100からの光がサブアセンブリ110によってコリメートされた後、この光はロングパスフィルタ114に向かう。ロングパスフィルタ114は、メッセージ信号の波長を下回り、レーザポンプ波長を上回るカットオフ波長を有する。したがって、光ファイバ101からのレーザ光はロングパスフィルタ114によって反射され、光ファイバ100そして光ファイバ増幅器へと向かう。中を通過する光の方向とは独立して動作する増幅器は、こうして波長分割多重カプラおよびアイソレータを通過するメッセージ信号を増幅する。

メッセージ信号の波長はロングパスフィルタ114のカットオフ波長を上回るなので、信号はビームスプリッタ117を通過する。この実施例におけるビームスプリッタは単純な平面格子であって、これはほとんどの光、光の約97%をサブアセンブリ110と111との間の光経路に沿って方向づける。光経路に沿った光は光バンドパスフィルタ118を通過し、これはメッセージ信号の周波数以外の周波数の光信号をフィルタリングで取除く。もしメッセージ信号が出力ファイ

バ102を通過できる程十分に「きれい」であるならば、バンドパスフィルタ118は省いてもよい。バンドパスフィルタは、波長分割多重カプラおよびアイソレータの挿入損失を若干、約0.2dB増加させることがわかっている。

フィルタリングされた光は次に、アイソレータコアサブアセンブリ104を通過し、これは、ファラディ旋光器の両側の2つのくさび型の複屈折結晶偏光器から形成される。サブアセンブリ104は、コリメータサブアセンブリ111から第1のコリメータサブアセンブリ110に向かって光経路に沿って進行するすべての光を遮断する。アイソレータサブアセンブリ104からは、光は次にサブアセンブリ111に送られ、これは光を光ファイバ102の端に焦点を合わせた点に再びコリメートする。

格子117はまた、サブアセンブリ110と111との間の光経路から、フォトダイオードを有する集積回路の形の光検出器回路115に向かって光の小部分を偏向させる。光検出器回路115は光経路内の光の強度に応答する。したがって、光検出器回路115は、サブアセンブリ110からサブアセンブリ111へ

の光の量をモニタする。これによって、ファイバ100上の光ファイバ増幅器の動作およびファイバ101上のレーザポンプの動作が簡潔にモニタされる。

図14および図15の集積されたカプラおよびアイソレータ装置は光ファイバ増幅器を備えたいわゆる「前向き」ポンプ構成であり、光ファイバ増幅器は装置の前に位置づけられている。装置は、図16に示すように光ファイバ増幅器と「後向き」ポンプ配置になるように再び配置することもできる。この場合は、光ファイバ増幅器は集積されたカプラおよびアイソレータの下または下流に接続される。メッセージ信号は光ファイバ120からハウジング130内の集積されたカプラおよびアイソレータ装置へ送られる。上述のように、ファイバ120の端はコリメータサブアセンブリ124によって支持され、コアアイソレータサブアセンブリ129がコリメータサブアセンブリに取付けられている。サブアセンブリ129の端には、ロングパスフィルタ134および格子ビーム偏向器137がある。上述のように、偏向器137は光経路から光の一部分を部分的に偏向させ、光検出器回路135に向け、これは集積装置を通る光信号の強さをモニタする。



偏向されていない光はコリメータサブアセンブリ 125 によって受けられ、これは光ファイバ 121 および 122 のスプライスされた端を支持する。

動作的には、光ファイバ 121 はポンプレーザに接続され、ポンプレーザはその出力を集積されたカプラおよびアイソレータに送る。サブアセンブリ 125 によってコリメートされた後レーザ光はビーム偏向器 137 を通って送られ、ロングパスフィルタ 134 によって反射される。同時に、メッセージ信号は光ファイバ 120 から集積されたカプラおよびアイソレータへ送られる。サブアセンブリ 124 を通過した後、メッセージ信号は、光経路に沿ってサブアセンブリ 125 に向かって進行する反射されたレーザ信号と組合わされる。これらの組合わされた信号は、部分的に光検出器回路 135 に向かって偏向され、メッセージ信号およびレーザ信号がモニタされる。

集積されたカプラおよびアイソレータ内の光検出器回路は、コリメータサブアセンブリの間の光経路のどの位置にでもビーム偏向器に関して配置することができる。しかしながら、もしロングパスフィルタ 134 がサブアセンブリ 125 の端に対して位置づけられるのであれば、光検出器 135 は増幅されていないメッ

セージ信号の強さのみをモニタすることになり、ポンプレーザ信号はモニタしない。これを避けるために、集積されたカプラおよびアイソレータ内の光検出器回路を、モニタされる光がメッセージ信号レーザのパワーに関係する強度を有するように、ビーム偏向器に関して配置することもできる。図 14 の前向きポンプ配置においては、モニタされる光はポンプレーザ出力によってプーストされる希土類金属をドープされたファイバからの光である。図 15 の後向きのポンプ配置においては、入力メッセージ信号およびポンプレーザ信号からの直接の光がモニタされる。

もちろん、集積されたカプラおよびアイソレータ装置はまた互いに組合せて使用することもできる。図 18 は、2つの集積された装置の間のエルビウムをドープされた光ファイバ増幅器のための前向きおよび後向きのポンプ配置を組合せたものを示している。

図 14 から図 16 に示すこの発明の実施例は、その信号を光ファイバを通じて

装置に送るポンプレーザを有している。ここに説明される波長分割多重カプラの性能の向上にもかかわらず、光ファイバの組合せに固有のいくらかの挿入損失が生じ、近年重要視されていることには、偏光による損失がいくらか生じる。すなわち、スプライスされた光ファイバの1つにおける信号の偏光の程度に依存して、他のファイバへの伝送損失は光信号の偏光に依存する。これはもし偏光の程度が情報チャネルによって異なっているとしたならば許容できないことである。

この発明の図17に示す実施例はこの問題を取除いている。波長分割多重器およびカプラは、第1のコリメータサブアセンブリ144および第2のコリメータサブアセンブリ145を備える（コパールおよびインバーまたはステンレススチールを含む適切な材料の）金属のパッケージハウジング150を有する。各サブアセンブリ144および145はそれぞれ1つの光ファイバ141、142の端を支持する。これらサブアセンブリ144および145の間の光経路を規定するこれらサブアセンブリの2つの面する端の間に、ビームスプリッタ157、ロングパスフィルタ154、任意のバンドパスフィルタ158および光アイソレータサブアセンブリ149がある。これらの要素は上述のものと同じである。また光検出回路155があり、これはビームスプリッタ157、平面格子によって光経路から部分的に偏向された光を受取る。

ポンプレーザからの光ファイバの代わりに、ハウジング150はレーザダイオード166およびコリメータ167を有するレーザサブアセンブリを支持する。レーザダイオード166からの光はコリメータ167、この場合は、非球面レンズによってコリメートされる。光は第2の光アイソレータコアサブアセンブリ168を通過し、ダイクロイックロングパスフィルタ154の面に対して方向づけられる。ダイクロイックロングパスフィルタ154は、レーザからの光が、光経路の方向とは逆に偏向器157に向かってコリメータサブアセンブリ144へそして入力ファイバ141へと方向づけられるように配置される。これによって光ファイバ141に接続されたファイバ増幅器は装置への情報信号を増幅するためにポンプされ得る。

レーザダイオード166、コリメータ167、およびアイソレータサブアセン

ブリ168の特定の適合は、1994年12月21日に出願され現在の譲受人に譲渡された「小型化されたレーザダイオードアセンブリ (MINIATURIZED LASER DIODE ASSEMBLY)」と題された同時係属中の特許出願米国出願番号第08/361,604号で説明されている。この適合は極めて簡潔で、ハウジング150への挿入に極めて適している。

図18から、この発明による集積されたWDMカプラおよびアイソレータがどのように光ファイバネットワークに適合するかが明らかである。以下の説明は、どのようにこの発明のカプラのより簡潔な形態が、すなわちアイソレータまたはフィルタ要素とのみ集積されたものが、単にWDM光ファイバネットワークに適合するだけでなく、優れた性能、より低いコスト、およびより大きな信頼性のある進んだネットワークシステムを実現するかを示している。

#### WDMネットワークシステム

現在の光ファイバネットワークにおいては、1つの位置にある光信号の多くの個別の光源が単一の光ファイバに送られ、そして他の位置にある多くの個別のレシーバに分配される。WDMネットワークにおいては、光信号の波長が、個別のレシーバと個別の光源を接続するため、ネットワーク内の情報チャネル間を区別するために使用されている。

図19は従来の光ファイバWDMネットワークの図であり、ここでは多数の光源トランスミッタシステム210が単一の光ファイバ220をわたって光信号をレシーバシステム212に送っている。光源から光信号を所望のレシーバに方向づけるために、各光源からの光信号の特定の波長が使用される。増幅器211がファイバ220の区域の間に接続され、1つまたは2つ以上のエルビウムをドープされたファイバ増幅器を示し、これは典型的には単一モードファイバであるファイバ220の全長にわたっての信号の強さを維持する。実際、今日のほとんどの応用においては単一モード光ファイバが使用されている。したがって、以下の説明においては、特別な言及がない限り光ファイバは単一モードファイバであると仮定される。

トランスミッタシステム210は、光信号のN個の光源を有し、その各々が光

アイソレータ215を通じて $N \times 1$ 個の光コンバイナ216と接続された狭い線幅のレーザ214によって発生される。各レーザ214は電源213と接続され、これは各レーザ214の波長が予め定められた波長から変化しないようにするよう安定である。各レーザ214の波長は他のダイオード214の波長とは異なっている。レーザ214はまた通信電子回路（図示せず）と接続され、これはレーザ214の動作を制御する。アイソレータ215はまた、コンバイナ216からレーザ214への反射および偽の信号を遮断することによって、各レーザ214をその予め定められた波長に維持する。 $N$ 個のレーザの光源からの光信号は $N \times 1$ 個のコンバイナ216によって組合わされファイバ220を通して送られる。

逆に、レシーバシステム212は $1 \times N$ 個の光スプリッタ217を有し、これはファイバ220上で組合わされた信号を受取る。スプリッタ217は組合わされた信号を $N$ 個の信号経路に分割する。各経路は光ファイバチューナブルフィルタ218を有し、これはスプリッタ217からの信号のほとんどをフィルタリングして取除く。

所望の波長の信号のみがフィルタ218によって通され、オプトエレクトロニクスレシーバ219に向かい、これはフィルタリングされた光信号を特定のレシーバに対する電子信号に変える。

#### 進んだWDMトランスミッタシステム

このネットワークのトランスミッタシステムは、その光信号の光ファイバ220を通過しての所望のレシーバ219への伝送のために組合わされた、光源を含む。個別の光源は各々レーザダイオード214を有し、これはレーザダイオードを誤った信号または反射から保護するために、光源および光アイソレータ215に対して光信号を発生する。このような反射および誤った信号はレーザダイオードの性能に悪影響を及ぼすかもしれない。

光ファイバネットワークを考えると、常にコストおよび性能が考慮される。単一の光アイソレータのコストは多額ではないかもしれないが、多くのアイソレータの総額はネットワークのトランスミッタシステムを考えるとかなりのもの

になりかねない。さらに、光アイソレータの性能も無視できない。もしコストを節約することで性能が落ちるようならば、ネットワークの動作に悪影響がある。

この発明は、図8および図10に示す光アイソレータと集積されたカブラを備えるトランスミッタシステムによってこれらの問題を解決するかまたは実質的に緩和する。これらの装置は、高いレベルで動作し、性能を低下させることなく従来のトランスミッタシステムよりも光アイソレータの数を減じる。

この発明は、図19の先行技術の光アイソレータ215を図10に示すような高性能集積カブラ225で置換える。図20に示されているように、これらのカブラ225は、レーザダイオード214からの1つの入力光ファイバに代わって2つの入力光ファイバを通じて2つのレーザダイオード14に接続される(図19)。各カブラ225は光アイソレータコアと集積されており、コンバイナ26に接続され、その入力端子の数は減少しており、N個ではなく特定のN/2個である。

図21は、この発明によるまた別のトランスミッタシステムを示し、ここでは図19の先行技術のアイソレータ215が図8に示されているようなカブラ224によって置換えられている。図3のカブラ225のように、図21のカブラ224は2つの入力光ファイバを通じて2つのレーザダイオード214に接続されている。各マルチポートアイソレータカブラ224は光アイソレータと集積され、

図19のN×1個の光コンバイナ216と接続するための2つの出力ファイバを有する。

#### 進んだWDMレシーバシステム

図19の、先行技術のネットワークのレシーバシステムもまた、この発明に従って改良され得る。レシーバシステムはスプリッタ217を含むが、これは、結合された信号を光ファイバ220から受信して、その結合された信号の一部を個別のレシーバに送信する。各レシーバは、所望の光源からの信号以外のすべての信号を遮る。レシーバシステムのこの伝統的な「木」の構造は、いくつかの固有の問題を有する。1つの問題は、光信号が個々のレシーバに達する際の光信号

の強さである。信号は、スプリッタ217を通過することにより、挿入損失を被り、また、信号をレーバシステムの各レーバに通ずる「分岐」に分割することにより本来的な損失を被る。N個のレーバを有するレーバシステムにおいて、信号は本来的に、各レーバでは $1/N$ に減じられる。

別の問題は、木の分岐における信号の強さの均等性の問題である。スプリッタは、光ファイバからの信号を均等に分配するとは限らない。したがって、あるレーバが別のレーバと比較してはるかに弱い信号で動作することもあり得る。

この発明は、図11に示されるような、波長依存性のフィルタと集積されたカプラを有するレーバシステムによって、これらの問題を解決または実質的に軽減する。この発明は、図19の先行技術の $1 \times N$ スプリッタ217およびフィルタ218を、高性能の集積されたWDMフィルタリングカプラと置換する。置換するWDMカプラはロングパスフィルタを有し、それにより、ある波長の光信号はカプラからあるファイバ上を進行し、別の波長の信号はカプラから別のファイバ上を進行するようになる。カプラはレーバシステム内に、低い挿入損失および/または均等性を有するよう配列が可能である。

図22は、図11のWDMカプラを使用するレーバシステムを示す。WDMカプラ261-267は、カスケード接続される。説明の目的で、ネットワークは8つの異なりかつ増大する波長、 $\lambda_1$ から $\lambda_8$ の、8つの光源を有するものと仮定する。第1のカプラ261は、ネットワークの伝送システムをレーバシス

テムに繋ぐ光ファイバに接続され、結合された信号、 $\lambda_1$ から $\lambda_8$ のすべてを受信する。カプラ261のロングパスフィルタは、最も短い波長の信号、 $\lambda_1$ 以外のすべての信号を次のカプラ262に通過させるように選択される。 $\lambda_1$ 信号は、個別のレーバに送信される。

第2のカプラ262は、2番目に短い波長の信号、 $\lambda_2$ 以外のすべての信号を次のカプラ263に通過させる。カプラ262は $\lambda_2$ 信号を別の個別のレーバに反射する。この配列において、カスケード接続された各カプラ261-267は、増大する波長、 $\lambda_1$ から $\lambda_8$ のうち次点の波長を有する信号を反射するよう選択されたロングパスフィルタを有する。最後のカプラ267は、最も長い波長の

信号 $\lambda_8$ を第8の個別のレシーバに通過させて、信号 $\lambda_7$ を第7のレシーバに反射する。

図23は、波長 $\lambda_1$ から $\lambda_n$ の $n$ 個の信号を分離する、増大する波長に対する $n-1$ カブラの反射率を描いたグラフである。このグラフは、図22のカブラのロングパスフィルタが如何に動作するかを示す。

図25は、図11のWDMを使用する別のレシーバシステムである。ここでカブラはハイブリッド配列であり、木またはカスケード接続ではない。先と同様に、ネットワークは異なりかつ増大する8つの波長、 $\lambda_1-\lambda_8$ の、8つの光源を有すると仮定する。

第1のカブラ271は、ネットワークの伝送システムをレシーバシステムに繋げる光ファイバに接続され、結合された信号、 $\lambda_1-\lambda_8$ のすべてを受信する。カブラ271のロングパスフィルタは、より長い波長である半分の数の光信号、 $\lambda_5-\lambda_8$ を通過させ、かつ、より短い波長である半数の光信号、 $\lambda_1-\lambda_4$ は反射するように選択される。この反射された信号はカブラ272に送られるが、カブラ272のロングパスフィルタは、より長い波長の半分の数の信号、 $\lambda_3-\lambda_4$ を通過させて、より短い波長の半数の信号、 $\lambda_1-\lambda_2$ を反射するように設定される。カブラ272によって反射された信号はカブラ274によって受信されるが、カブラ274のロングパスフィルタは、より長い波長である信号、 $\lambda_2$ を通過させて、より短い波長である信号、 $\lambda_1$ を反射するように設定される。カブラ272によって通された信号はカブラ275によって受信されるが、カブラ

275のロングパスフィルタは、より長い波長の信号、 $\lambda_4$ を通過させて、より短い波長の信号、 $\lambda_3$ を反射するように設定される。

同様に、カブラ271によって通過された波長 $\lambda_5-\lambda_8$ の信号は、カブラ273、276および277によって、個々の波長、 $\lambda_5$ 、 $\lambda_6$ 、 $\lambda_7$ および $\lambda_8$ の信号に分離される。これらのカブラ273、276および277のロングパスフィルタは、入力される異なる波長の光信号を適切に通過および反射させるように設定される。

下の表は、先行技術の木のカブラ配列ならびに、この発明の8つのレシーバの

ためのカスケード配列およびハイブリッド配列の、性能を比較する。先行技術の溶融された木のカプラ配列のパラメータは、実験データから決定される。この発明のカスケード配列およびハイブリッド配列のためのパラメータは、図24のWDMカプラの、反射された挿入損失 $IL_r$ 、および伝送された挿入損失 $IL_t$ の、実験データからの演算により決定される。最大挿入損失は、伝送光ファイバからネットワークのレシーバの1つに達する、最も弱い信号の減退の尺度である。均等性は、受信システムに取付けられたレシーバによって受取られる信号の強さの変化の尺度である。

比較表

構成パラメータ	1×8カスケード フィルタ-WDM (図6の構成)	1×8ハイブリッド フィルタ-WDM (図7の構成)	1×8溶融 木のカプラ (図1のレシー バシステム12)
最大挿入損失 (dB)	4.2	1.8	10.0
均等性 (dB)	3.0	0.3	1.2

上の表から認められることは、ハイブリッド配列が、最大挿入損失および均等性のいずれにおいても、先行技術の配列に勝るということである。他にも、カスケード配列が、木のカプラ構成よりもより小さい最大挿入損失を有するということが認められる。

カスケード配列およびハイブリッド配列を組合せることによって、他の配列が作られ得る。たとえば、伝送システムからの光信号は、ハイブリッド配列に従っ

て多数の分岐に分割が可能である。分割するカプラのロングパスフィルタは、入来信号の半分を各分岐内に分割するよう選択される。各分岐はその後、カスケードに配列される。

以上がこの発明の好ましい実施例の完全な説明であるが、種々の代替、変形および均等物が使用され得る。この発明が上に記載した実施例に適切な変形を加えることによって、等しく応用が可能であることは明らかであろう。たとえば、上に記載したカプラから、この発明の教示に従って、より多くの入力ファイバおよ



び出力ファイバが互いに接続され得ることが明らかであろう。したがって、上述の説明はこの発明の範囲を限定するものと捉えられてはならず、この発明の範囲は添付の請求の範囲によって規定されるものである。

【図1】

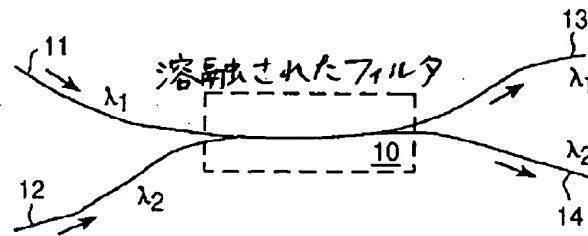


FIG. 1A (PRIOR ART)

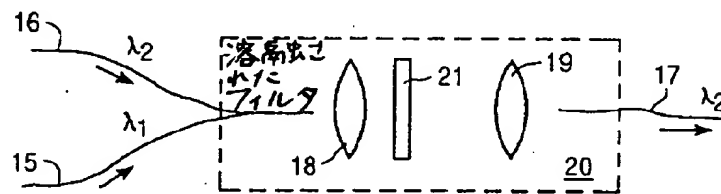


FIG. 1B (PRIOR ART)

【図2】

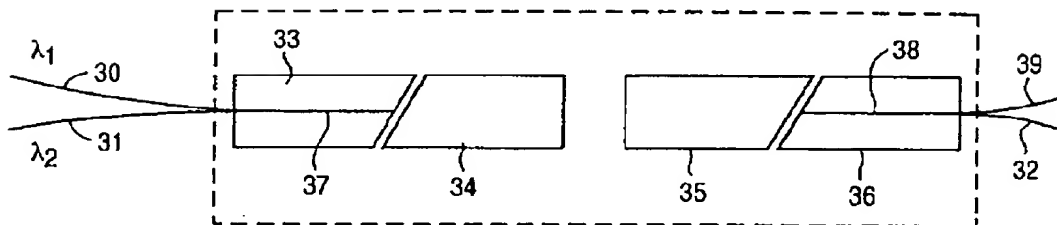
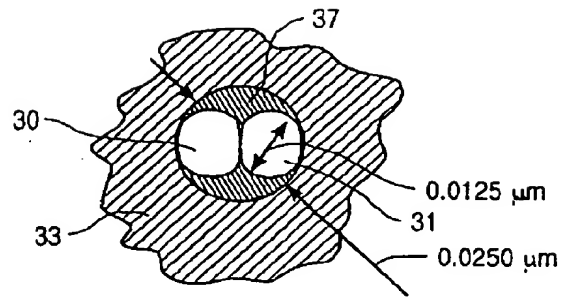
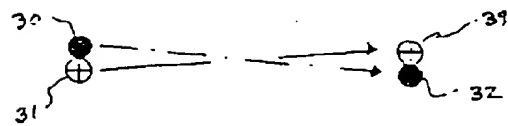


FIG. 2

【図3】



【図4】



【図5】

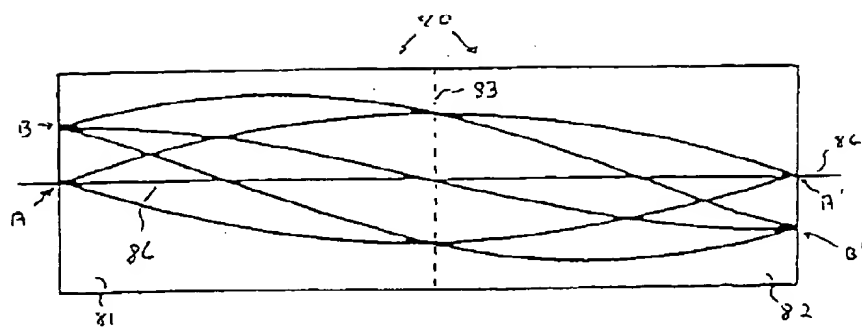


Fig. 5A

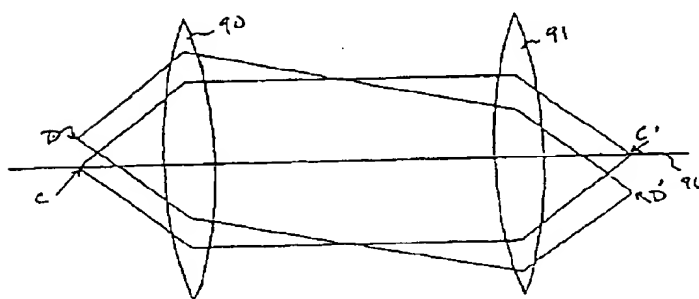
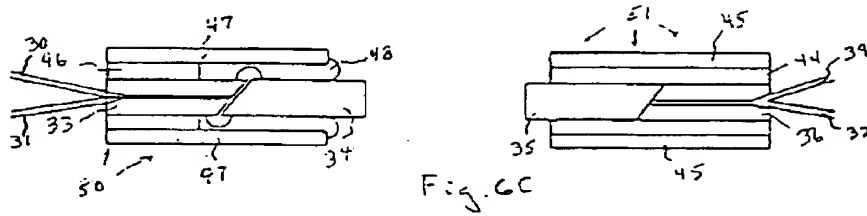
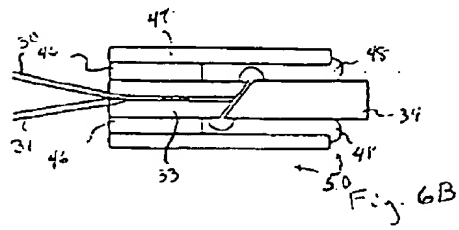
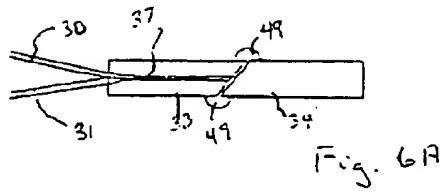
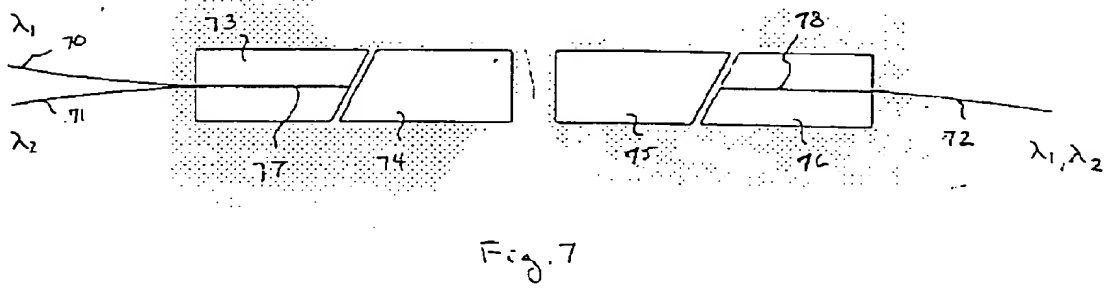


Fig. 5B

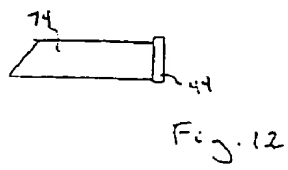
【図6】



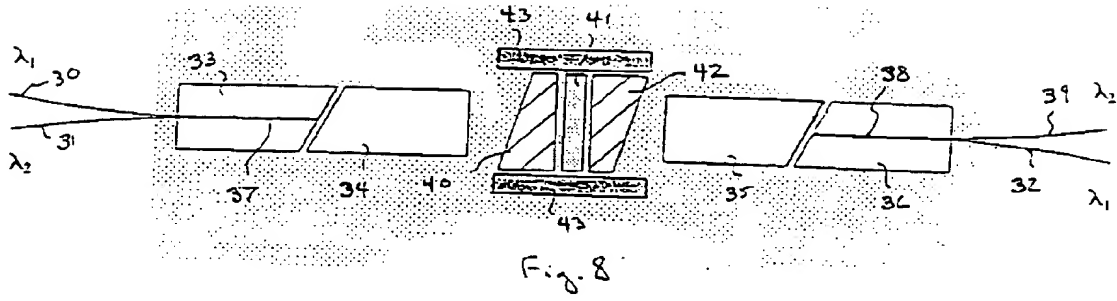
【図7】



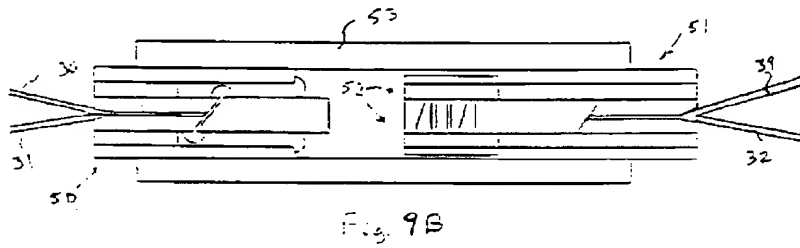
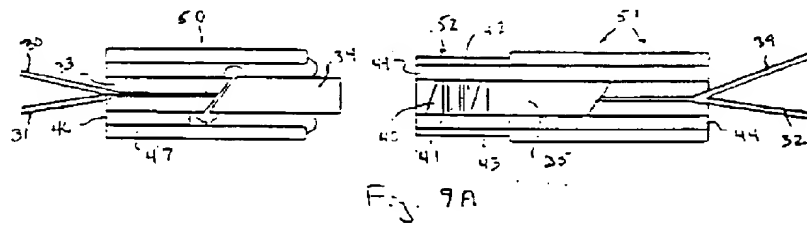
【図12】



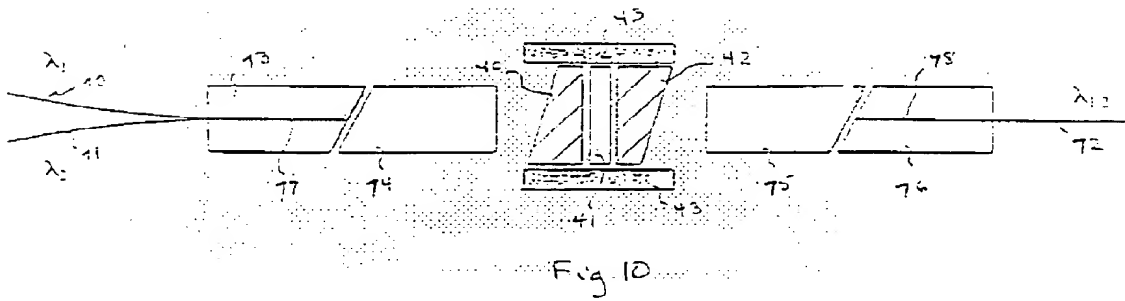
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

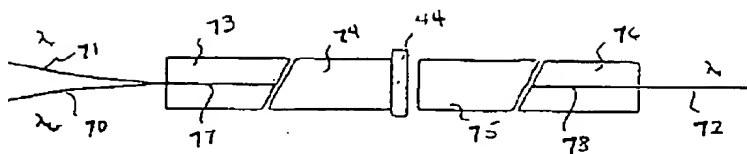


Fig. 11

【図13】

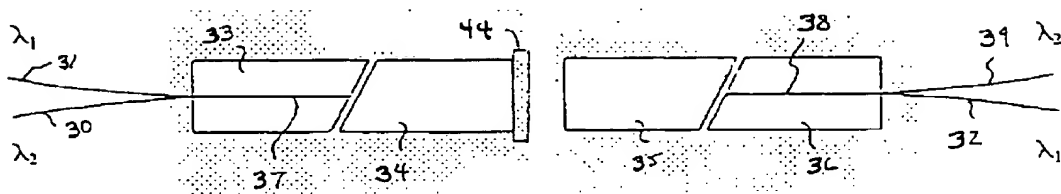


Fig. 13

【図14】

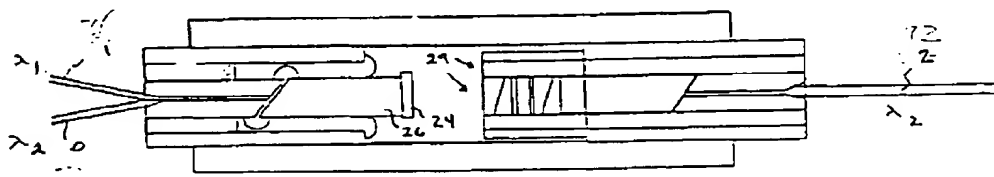


Fig. 14

【図15】

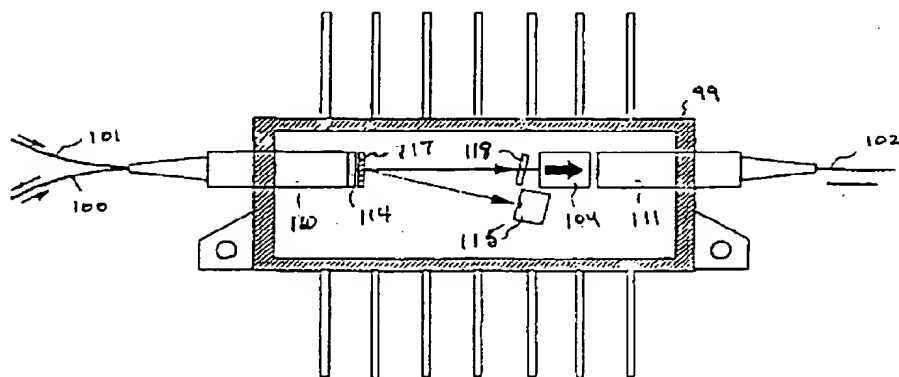


Fig. 15

【図16】

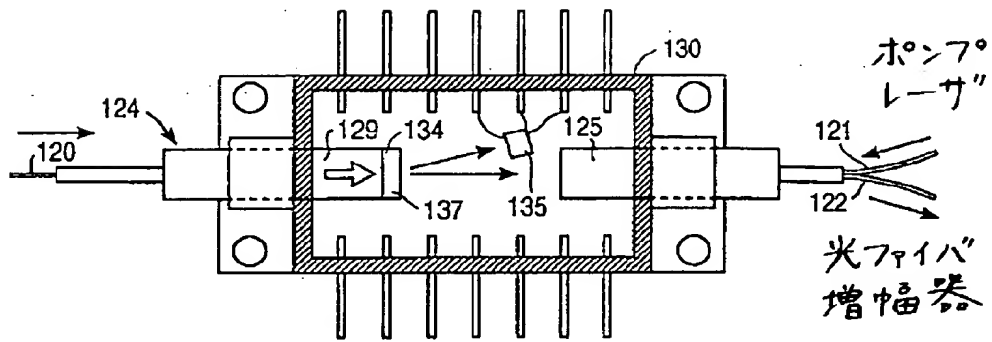


FIG. 16

【図17】

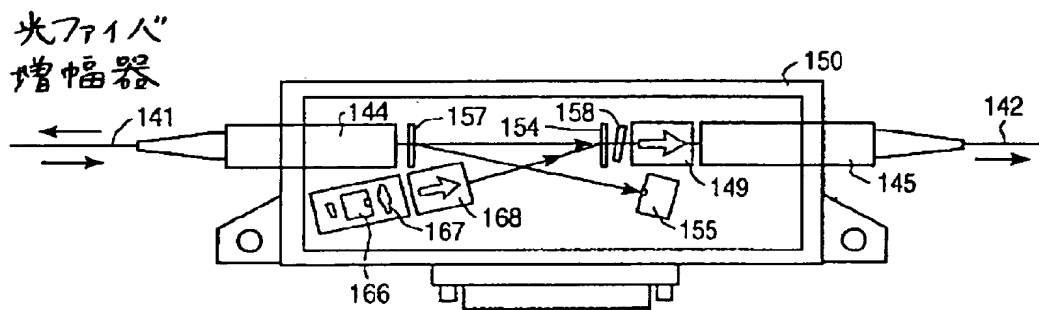


FIG. 17

【図18】

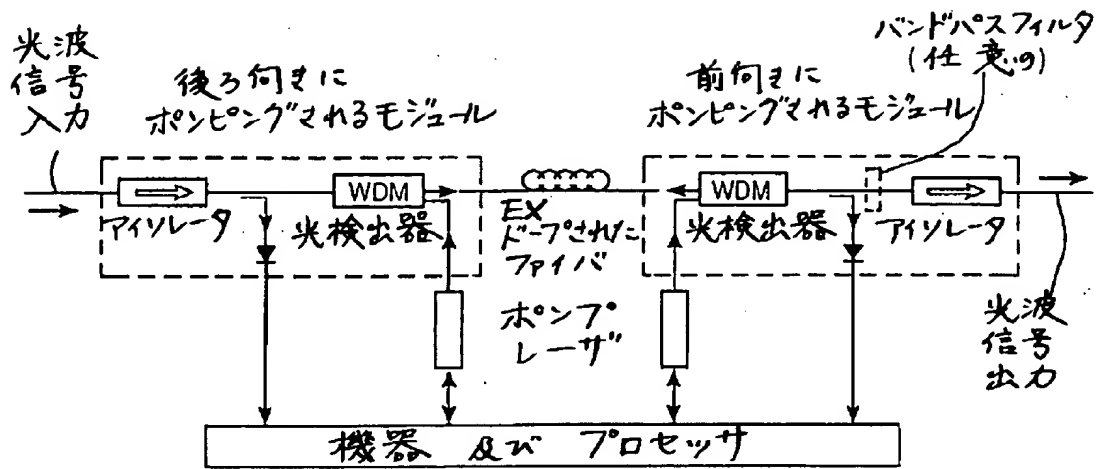


FIG. 18



【図19】

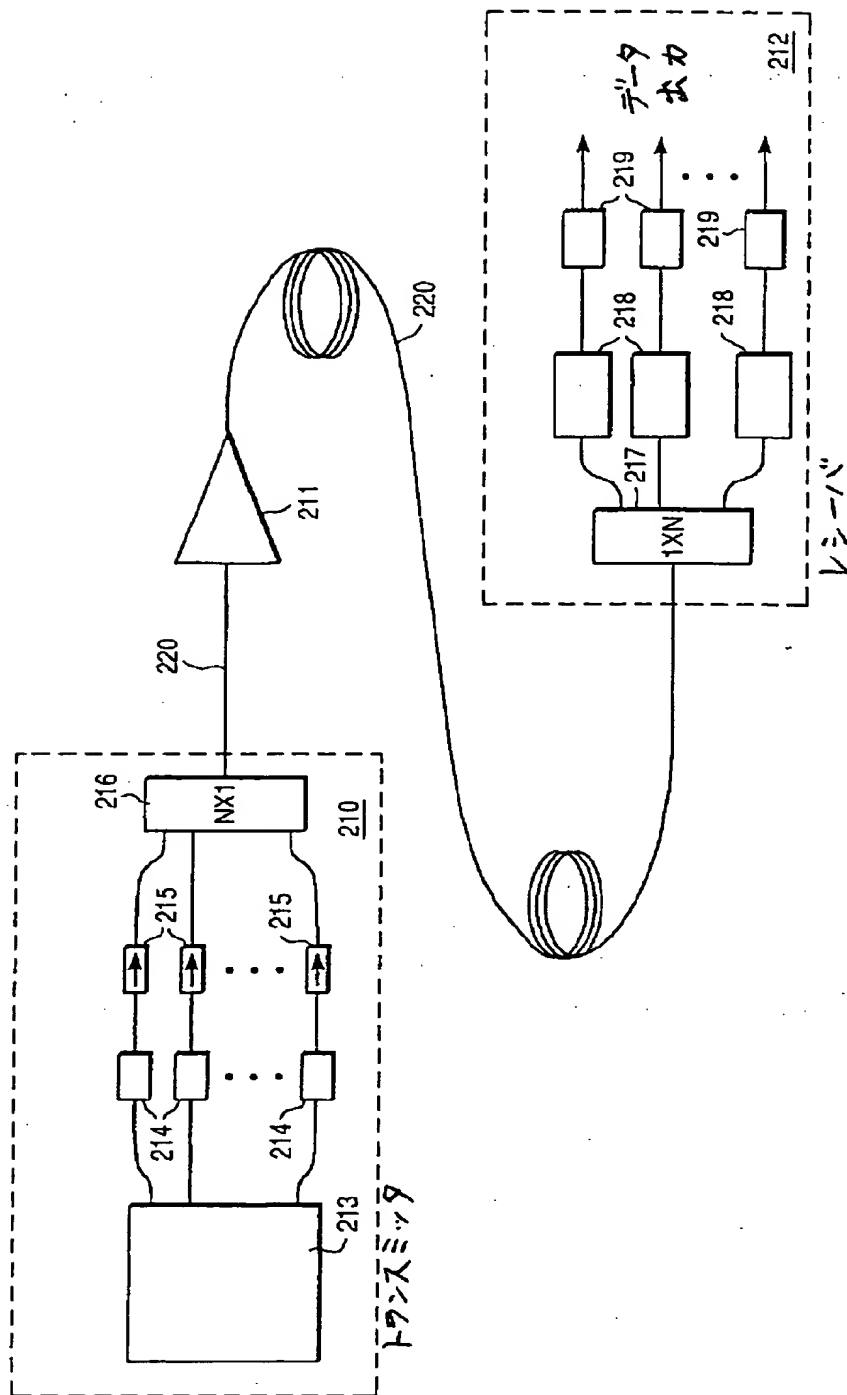


FIG. 19 (PRIOR ART)

【図20】

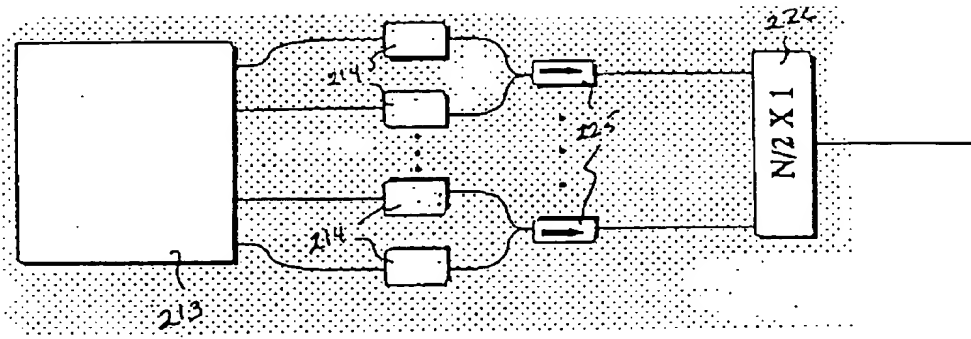


Fig. 20

【図21】

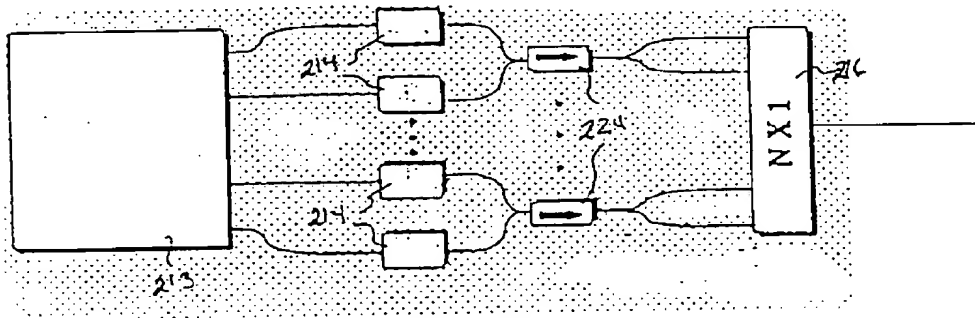


Fig. 21

【図22】

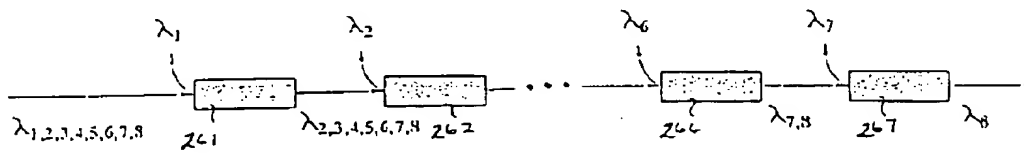


Fig. 22

【図23】

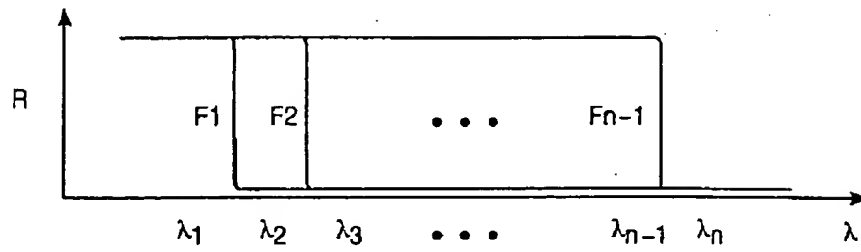


FIG. 23

【図24】

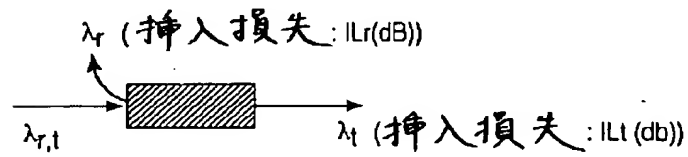


FIG. 24

【図25】

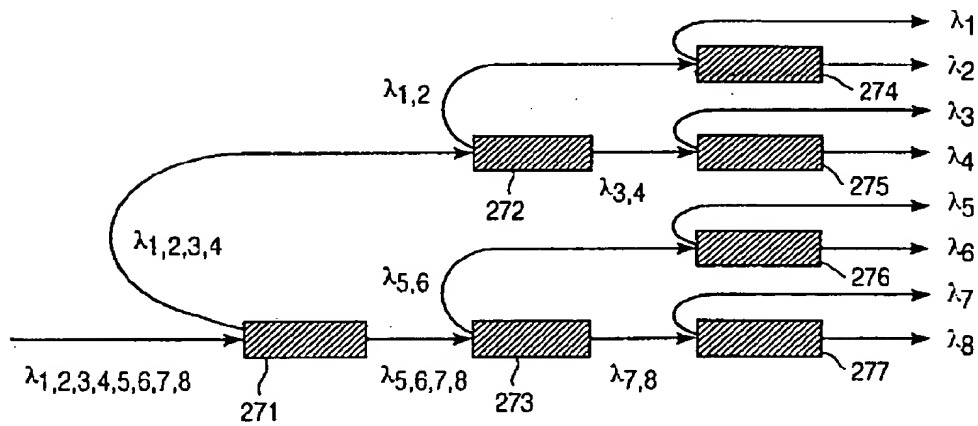


FIG. 25

【手続補正書】特許法第184条の8第1項

【提出日】1997年1月6日

【補正内容】

請求の範囲

1. 第1および第2のコリメータの間にコアサブアセンブリを有する改良された光アイソレータにおいて、前記コアサブアセンブリは1対の複屈折性結晶偏光子と、その間にファラデー施光器とを有し、前記ファラデー施光器はCdMnTeを含む、改良。

2. 前記ファラデー施光器は水銀がドーブされたCdMnTeを含む、請求項1に記載の改良された光アイソレータ。

3. 第1および第2の光ファイバを結合するための波長分割多重カブラであって、前記カブラは、

前記第1の光ファイバの端と、

前記第2の光ファイバの端と、

第1および第2の端面と前記第1および第2の端面を通る長さ方向の軸とを有する1/4ピッチGRINレンズとを含み、前記GRINレンズの前記第1の端面ならびに前記第1および第2の光ファイバの前記端は、互いにかつ前記第1の端面に近接し、さらに、

前記GRINレンズの前記第2の端面に近接したダイクロイックフィルタを含み、前記ダイクロイックフィルタと前記GRINレンズの長さ方向の軸と前記第1および第2の光ファイバの前記端とは、前記第1のファイバからの光であって前記ダイクロイックフィルタによって反射された光が前記第2のファイバ内を通過し、かつ、前記第2のファイバからの光であって前記ダイクロイックフィルタによって通された光が前記ダイクロイックフィルタからコリメートされた光として出ていくように、互いに対して配置される、波長分割多重カブラ。

4. 第3の光ファイバの端と、

前記ダイクロイックフィルタからの前記コリメートされた光の経路内のコリメータとをさらに含み、前記コリメータは、前記コリメートされた光を前記第3の光ファイバの前記端内に再び焦点を合わせる、請求項3に記載の波長分割多重カ

ブラ。

5. 前記コリメータは第2の1/4ピッチGRINレンズを含む、請求項3に記載の波長分割多重カブラ。

6. 前記第1および第2の光ファイバの前記端を保持するスリーブをさらに含み、前記スリーブは前記光ファイバの端と共面の面を有する、請求項3に記載の波長分割多重カブラ。

7. 第1および第2の光ファイバを結合するためのWDMカブラであって、前記カブラは、

前記第1の光ファイバの端と、

前記第2の光ファイバの端と、

第1および第2の端面と前記第1および第2の端面を通る長さ方向の軸とを有する第1のコリメートするレンズとを含み、前記第1のコリメートするレンズの前記第1の端面と前記第1および第2の光ファイバの前記端とは、互いにかつ前記第1の端面に近接し、さらに、

前記第1のコリメートするレンズの前記第2の端面に近接したロングパスフィルタを含み、前記ロングパスフィルタと前記第1のコリメートするレンズの長さ方向の軸と前記第1および第2の光ファイバの前記端とは、前記第1のファイバからの光であって前記ロングパスフィルタによって反射された光が前記第2のファイバ内に通過するように、かつ前記第1のファイバからの光であって前記ロングパスフィルタによって通された光が前記ロングパスフィルタからコリメートされた光として出ていくように、互いに対して配置される、WDMカブラ。

8. 前記第1のコリメートするレンズは1/4ピッチGRINレンズを含む、請求項7に記載のWDMカブラ。

9. 前記ロングパスフィルタはダイクロイックミラーフィルタを含む、請求項7に記載のWDMカブラ。

10. 第3の光ファイバの端と、

前記ロングパスフィルタからの前記コリメートされた光の経路内の第2のコリメートするレンズとをさらに含み、前記第3の光ファイバの前記端は、前記第2

のコリメートするレンズが前記コリメートされた光を前記第3の光ファイバの前記端内に再び焦点を定めるように、前記第2のコリメートするレンズの第1の端面に近接する、請求項7に記載のWDMカブラ。

11. 前記第2のコリメートするレンズは第2の1/4ピッチGRINレンズを

含む、請求項10に記載のWDMカブラ。

12. 前記第1および第2の光ファイバの前記端を保持する第1のスリーブをさらに含み、前記スリーブは前記光ファイバの端と共面の面を有し、さらに、

前記第3の光ファイバの前記端を保持する第2のスリーブを含み、前記スリーブは前記光ファイバの端と共面の面を有する、請求項10に記載のWDMカブラ。

13. 前記光ファイバの各々は前記ファイバの端内で終わる端区分を有し、さらに、

前記第1および第2の光ファイバのジャケットのない端区分を開口部内に保持する第1のスリーブを含み、前記端区分は前記第1および第2の光ファイバのコアおよびクラディングを含み、さらに、

前記第3の光ファイバのジャケットのない端区分を開口部内に保持する第2のスリーブを含み、前記端区分は前記第3の光ファイバのコアおよびクラディングを含む、請求項10に記載のWDMカブラ。

14. 前記第1のスリーブ内の前記開口部は前記第1および第2の光ファイバの半径にちょうど合致する半径を有し、前記第2のスリーブ内の前記開口部は前記第3の光ファイバの半径にちょうど合致する半径を有する、請求項13に記載のWDMカブラ。

15. 前記第1、第2および第3の光ファイバの前記端区分は先細りしない、請求項14に記載のWDMカブラ。

16. 前記ファイバの端内で終わるジャケットのない端区分を有する第4の光ファイバをさらに含み、前記第2のスリーブは、前記第2のファイバからの光であって前記ロングパスフィルタによって通された光が前記第4の光ファイバの前記端内に再び焦点を定められるように前記ファイバの前記端区分を保持する、請求

項14に記載のWDMカブラ。

17. 第1の付加的な数の光ファイバをさらに含み、前記第1の付加的な数の光ファイバの各々は端を有し、前記第1および第2の光ファイバならびに前記第1の付加的な数の光ファイバの前記端は互いにかつ前記第1のコリメートするレンズの前記第1の端面に近接し、さらに、

第2の付加的な数の光ファイバをさらに含み、前記第2の付加的な数は第1の

付加的な数と等しく、前記第2の付加的な数の光ファイバの各々は端を有し、前記第3および第4の光ファイバならびに前記第2の付加的な数の光ファイバの前記端は互いにかつ前記第2のコリメートするレンズの前記第1の端面に近接し、前記長さ方向の軸と、前記第1の付加的な数の光ファイバの前記端と、前記第2の付加的な数の光ファイバの前記端とは、前記第1の付加的な数の光ファイバのうちの1つからの光であって前記ロングパスフィルタによって通された光が前記第2の付加的な数の光ファイバのうちの1つ内に通過するように、互いに対して配置される、請求項16に記載のカブラ。

18. 前記第1の付加的な数および前記第2の付加的な数はいずれも2に等しい、請求項17に記載のカブラ。

19. 第1の光ファイバから第2の光ファイバに光信号を伝送し、かつ、前記第2の光ファイバから前記第1の光ファイバへの光信号を遮断するための波長分割多重カブラおよびアイソレータであって、前記多重カブラおよびアイソレータは、

ハウジングと、

前記ハウジングに装着されて前記第1のファイバの端を第1のコリメータと同軸の関係に保持するための第1のサブアセンブリと、

前記ハウジングに装着されて前記第2のファイバの端を第2のコリメータと同軸の関係に保持するための第2のサブアセンブリとを含み、前記第1および第2のコリメータは前記ハウジング内でそれらの間に光経路を形成し、さらに、

光を前記光経路内で前記光の波長に応答してフィルタリングするための手段と

前記光経路から光を部分的に偏向させるための手段と、

前記ハウジング内の、前記部分的に偏向された光を受取って前記光経路内の光の強度を監視するための手段と、

前記光経路内の光アイソレータサブアセンブリとを含み、前記アイソレータサブアセンブリは前記光経路内で前記第1のコリメータから前記第2のコリメータに光を伝送し、かつ、前記光経路内で前記第2のコリメータから前記第1のコリメータへの光を遮断し、

これにより前記波長分割多重カプラおよびアイソレータは前記ハウジング内に集積されてそれを通る光信号を監視することが可能である、波長分割多重カプラ

およびアイソレータ。

20. 前記光をフィルタリングする手段は前記光経路内にロングパスフィルタを含む、請求項19に記載の集積されたカプラおよびアイソレータ。

21. 前記ロングパスフィルタはダイクロイックミラーフィルタを含む、請求項20に記載の集積されたカプラおよびアイソレータ。

22. 前記光をフィルタリングする手段は前記光経路内にバンドパスフィルタをさらに含む、請求項20に記載の集積されたカプラおよびアイソレータ。

23. 前記部分的に偏向する手段は前記光経路内に平面格子を含む、請求項19に記載の集積されたカプラおよびアイソレータ。

24. 前記受取る手段は、前記ハウジング内に前記光経路からは離れた光検出器回路を含み、前記光検出器は前記格子から光信号を受取る、請求項23に記載の集積されたカプラおよびアイソレータ。

25. 前記第1および第2のサブアセンブリのうちの1つが第3の光ファイバの端をコリメータと同軸の関係に保持し、前記第3の光ファイバはポンプレーザに接続される、請求項24に記載の集積されたカプラおよびアイソレータ。

26. 前記第1のサブアセンブリは前記第3の光ファイバの前記端を保持し、前記フィルタリングする手段は、前記偏向する手段が前記第1の光ファイバから前記第2の光ファイバに進行する光を偏向するように、前記光経路内に前記偏向する手段に対して位置付けられる、請求項25に記載の集積されたカプラおよびア



イソレータ。

27. 前記第2のサブアセンブリは前記第3の光ファイバの前記端を保持し、前記フィルタリングする手段は、前記偏向する手段が前記第1の光ファイバから前記第2の光ファイバに進行する光および、前記光をフィルタリングする手段によって反射された前記第3の光ファイバからの光を偏向するように、前記光経路内に前記偏向する手段に対して位置付けられる、請求項25に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

28. 前記ハウジング内に、前記光をフィルタリングする手段へと光を方向付け、かつ前記方向付けられた光を前記光経路内に配置する光源をさらに含む、請求項19に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

29. 光発生手段はレーザダイオードを含む、請求項28に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

30. 前記光アイソレータサブアセンブリはCdMnTeを含むファラデー施光器を有する、請求項28に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

31. 前記ファラデー施光器は水銀がドープされたCdMnTeを含む、請求項30に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

32. 前記第1の光ファイバから前記第2の光ファイバに光信号を伝送し、かつ前記第2の光ファイバから前記第1の光ファイバへの光信号を遮断するための波長分割多重カブラおよびアイソレータであって、前記多重カブラおよびアイソレータは、

ハウジングと、

前記ハウジングに装着されて、前記第1のファイバの端を第1のコリメータと同軸の関係に保持するための第1のサブアセンブリと、

前記ハウジングに装着されて、前記第2のファイバの端を第2のコリメータと同軸の関係に保持するための第2のサブアセンブリとを含み、前記第1および第2のコリメータは前記ハウジング内でそれらの間に光経路を形成し、さらに、

光を前記光経路内で前記光の波長に応答してフィルタリングするための手段と

、

前記ハウジング内に、前記光をフィルタリングする手段に向かうよう光を方向付け、かつ前記方向付けられた光を前記光経路内に配置する光源と、

前記光経路内に光アイソレータサブアセンブリとを含み、前記アセンブリは前記光経路内で前記第1のコリメータから前記第2のコリメータへの光を通過させ、かつ、前記光経路内で前記第2のコリメータから前記第1のコリメータへの光を遮断し、

これにより前記波長分割多重カブラおよびアイソレータは前記ハウジング内に集積される、波長分割多重カブラおよびアイソレータ。

33. 前記光経路内にバンドパスフィルタをさらに含む、請求項32に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

34. 前記光経路から光を部分的に偏向するための手段と、

前記ハウジング内に、前記部分的に偏向された光を受取るための手段とをさら

に含む、請求項32に記載の集積された多重カブラおよびアイソレータ。

35. 前記部分的に偏向する手段は前記光経路内に平面格子を含む、請求項34に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

36. 前記受取る手段は光検出器回路を含む、請求項34に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

37. 前記光源はレーザを含みかつ前記光をフィルタリングする手段は前記光経路内にロングパスフィルタを含み、前記レーザは前記ロングパスフィルタに向けられる出力を有し、前記ロングパスフィルタは前記光経路への前記レーザ出力を遮断する、請求項32に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

38. 前記ロングパスフィルタは予め定められた波長を上回る光を伝送し、かつ前記予め定められた波長を下回る光を反射し、前記レーザ出力は前記予め定められた波長を下回る光を含む、請求項37に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

39. 前記ロングパスフィルタはダイクロイックミラーフィルタを含む、請求項38に記載の集積されたカブラおよびアイソレータ。

40. 前記光源はレーザを含みかつ前記光をフィルタリングする手段は前記光経

路内にロングパスフィルタを含み、前記レーザは前記ロングパスフィルタに向かう出力を有し、前記ロングパスフィルタは前記光経路への前記レーザ出力を遮断し、前記ロングパスフィルタは、前記偏向する手段が前記第1の光ファイバから前記第2の光ファイバに進行する光を偏向するように、前記光経路上に前記偏向する手段に対して位置付けられる、請求項35に記載の集積されたカプラおよびアイソレータ。

41. 前記光源はレーザを含みかつ前記光をフィルタリングする手段は前記光経路内にロングパスフィルタを含み、前記レーザは前記ロングパスフィルタに向かう出力を有し、前記ロングパスフィルタは前記光経路上への前記レーザ出力を遮断し、前記ロングパスフィルタは、前記偏向する手段が前記第1の光ファイバから前記第2の光ファイバに進行する光および、前記ロングパスフィルタによって遮断された前記レーザからの光を偏向するように、前記光経路内に前記偏向する手段に対して位置付けられる、請求項35に記載の集積されたカプラおよびアイ

ソレータ。

42. 前記光アイソレータサブアセンブリはCdMnTeを含むファラデー施光器を有する、請求項32に記載の集積されたカプラおよびアイソレータ。

43. 前記ファラデー施光器は水銀がドーブされたCdMnTeを含む、請求項42に記載の集積されたカプラおよびアイソレータ。

44. 複数の光源からの光信号を光ファイバネットワークの光ファイバ上に伝送するためのシステムであって、前記システムは、

前記光ファイバに接続された出力端子および複数の入力端子を有するコンバイナと、

複数のレーザダイオードとを含み、各レーザダイオードは前記光源のうちの1つのために予め定められた波長の光信号を発生し、さらに、

複数の集積された光アイソレータカプラを含み、各カプラは少なくとも2つの入力光ファイバおよび少なくとも1つの出力光ファイバを有し、各カプラは入力光ファイバから前記少なくとも1つの出力光ファイバへの光信号を通過させ、かつ少なくとも1つの出力光ファイバから前記入力光ファイバへの光信号を遮断し

、各入力光ファイバは前記レーザダイオードのうちの1つに接続されかつ前記1つの出力光ファイバは前記コンバイナの入力端子のうちの1つに接続される、システム。

45. 各カプラは、

端面と、長さ方向の軸と、前記長さ方向の軸に平行であって前記端面を通る開口とを有する第1のスリーブをさらに含み、前記開口は前記少なくとも2つの入力光ファイバの端区分を保持し、さらに、

端面と、長さ方向の軸と、前記長さ方向の軸に平行であり前記端面を通る開口とを有する第2のスリーブを含み、前記開口は前記少なくとも1つの出力光ファイバの端を保持し、前記第2のスリーブの端面は前記第1のスリーブの端面に面し、さらに、

前記第1のスリーブの端面の正面に、前記少なくとも2つの入力光ファイバからの光信号をコリメートするための第1の手段と、

前記第2のスリーブの端面の正面に、少なくとも1つの入力光ファイバからの光信号を前記少なくとも1つの出力光ファイバ内にコリメートするための第2の手段と、

前記第1および第2のコリメートする手段の間に1対の楔型複屈折性結晶と、

前記対の複屈折性結晶の間にファラデー旋光器とを含む、請求項44に記載の伝送するシステム。

46. 前記カプラの各々は2つの入力光ファイバおよび1つの出力光ファイバを有し、前記第1のスリーブ、前記第2のスリーブ、前記第1のコリメートする手段、および第2のコリメートする手段は、前記第2のコリメートする手段が両方の入力光ファイバからの光信号を前記1つの出力光ファイバ内にコリメートするよう、互いに対して位置合わせされる、請求項45に記載の伝送するシステム。

47. 前記カプラの各々は複数の $n$ 個の入力光ファイバおよび等しい数の出力光ファイバを有し、前記第1のスリーブ、前記第2のスリーブ、前記第1のコリメートする手段、および第2のコリメートする手段は、前記第2のコリメートする手段が前記入力光ファイバのうちの各々1つからの光信号を前記出力光ファイバ

のうちの異なる1つにコリメートするよう、互いに対して位置合わせされる、請求項45に記載の伝送するシステム。

48. nは2に等しい、請求項47に記載の伝送するシステム。

49. nは4に等しい、請求項47に記載の伝送するシステム。

50. 前記少なくとも2つの入力光ファイバの各端区分は、コアおよび前記コアを取囲む先細りしないクラディングを含む、請求項45に記載の伝送するシステム。

51. 前記少なくとも1つの出力光ファイバの前記端区分は、コアおよび前記コアを取囲む先細りしないクラディングを含む、請求項45に記載の伝送するシステム。

52. 前記第1および第2のコリメートする手段は各々、1/4ピッチGRINレンズを含む、請求項45に記載の伝送するシステム。

53. 前記第1のスリーブ面は前記少なくとも2つの入力光ファイバの端と共面であり、前記第2のスリーブ面は前記少なくとも1つの出力光ファイバの端と共面である、請求項45に記載の伝送するシステム。

54. WDM光ファイバネットワークの伝送光ファイバ上の、複数の光源からの光信号を受取るためのシステムであって、前記システムは前記伝送光ファイバと複数のレシーバとの間に接続され、前記システムは、

複数のカプラを含み、各カプラは第1、第2および第3の光ファイバならびにフィルタを有し、それにより予め定められた波長を下回る波長の前記第1の光ファイバからの光信号は前記第2のファイバ内に進行し、かつ前記予め定められた波長を上回る波長の前記第1の光ファイバからの光信号は前記第3のファイバ内に進行し、

前記複数のカプラは、その第1の光ファイバが前記伝送光ファイバに接続された第1のカプラを含み、前記レシーバおよび残りの複数のカプラは互いにかつ前記第1のカプラに接続され、前記カプラの各フィルタの前記予め定められた波長は、各レシーバが前記カプラのうちの1つから、第2または第3の光ファイバからの特定の波長の光信号を受取るように選択される、システム。

55. 前記残りの複数のカプラは前記第1のカプラからカスケードに接続され、各カプラはその第1の光ファイバが前記別のカプラの第3の光ファイバに接続され、かつその第2の光ファイバがレシーバに接続され、前記複数のカプラ内の各カプラの前記予め定められた波長は、各カプラの第2の光ファイバが特定の波長の光信号のみをレシーバに搬送するように選択される、請求項54に記載の受取るシステム。

56. 前記予め定められた波長は前記カスケード内の各カプラ内で単調に減少する、請求項55に記載の受取るシステム。

57. 前記複数のカプラの各々は、入来光信号の半分を第2および第3の光ファイバ内に分割するように選択されたフィルタを有する、請求項54に記載の受取るシステム。

58. 各カプラはさらに、

前記第1の光ファイバの端と、

前記第2の光ファイバの端と、

第3の光ファイバの端と、

第1および第2の端面と前記第1および第2の端面を通る長さ方向の軸とを有

する第1のコリメートするレンズとを含み、前記第1のコリメートするレンズの前記第1の端面ならびに前記第1および第2の光ファイバの前記端は、互いにかつ前記第1の端面に近接し、さらに、

前記第1のコリメートするレンズの前記第2の端面に近接するロングパスフィルタを含み、前記ロングパスフィルタと前記第1のコリメートするレンズの長さ方向の軸と前記第1および第2の光ファイバの前記端とは、前記第1のファイバからの光であって前記ロングパスフィルタによって反射された光が前記第2のファイバ内に通過し、かつ前記第1のファイバからの光であって前記ロングパスフィルタによって通過された光が前記ロングパスフィルタからコリメートされた光として出ていくように、互いに対して配置され、さらに、

前記ロングパスフィルタからの前記コリメートされた光の経路内の第2のコリメートするレンズを含み、前記第3の光ファイバの前記端は、前記第2のコリメ

ートするレンズが前記コリメートされた光を前記第3の光ファイバの前記端内に再び焦点を定めるように、第2のコリメートするレンズの第1の端面に近接する、請求項54に記載の受取るシステム。

59. 前記カブラの各々内の前記ロングパスフィルタは、ダイクロイックミラーフィルタを含む、請求項58に記載の受取るシステム。

60. 各カブラ内の前記第1のコリメートするレンズおよび第2のコリメートするレンズは、1/4ピッチGRINレンズを含む、請求項59に記載の受取るシステム。

61. 各カブラ内の前記第1のコリメートするレンズおよび第2のコリメートするレンズは、従来のコリメートするレンズを含む、請求項59に記載の受取るシステム。

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US95/16283

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(6) : G02B 6/12, 6/28, 6/32, 6/38, 5/30; HO4B 10/00 US CL : 385/11, 14, 24, 33, 34, 74; 372/703; 359/154, 156, 494 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : Please See Extra Sheet. Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) APS search terms: fiber# or fibre#, GRIN or gradient lens##, isolator, transmitter, reciever		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US, A, 5,050,954 (Gardner et al) 24 September 1991, lines 1-39 of column 3, lines 1-32 of column 7, Fig. 1.	1-4, 15, 21-22, 29
Y	US, A, 4,730,891 (Poorman) 15 March 1988, Figs. 2-4, lines 20-62 of column 3.	4-6, 8-14, 16-20, 23-28, 30-34
Y	US, A, 4,522,461 (Mannschke) 11 June 1985, see Figure and lines 48-57 of column 1	7
X	US, A, 4,566,753 (Mannschke) 28 January 1986, see Fig. 1	1, 15
Y	US, A, 4,239,330 (Ashkin et al) 16 December 1980, see Figs. 1, 4, and 5	1-4, 15, 21-23, 29
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" documents referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" documents published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 30 MARCH 1996		Date of mailing of the international search report 04 APR 1996
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer HEMANG SANGHAVI Telephone No. (703) 305-3484



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International application No.  
 PCT/US95/16283

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US, A, 4,078,852 (Lebduska) 14 March 1978, see Figs. 2 and 4	1-34
Y	US, A, 5,087,984 (Heiney et al) 11 February 1992, Fig. 1 and lines 5-11 of column 3	35-36
Y	US, A, 4,244,045 (Nosu et al) 26 January 1981, Figs. 2-3 and 12	37-52
A, P	US, A, 5,453,827 (Lee) 26 September 1995, see Figs. 5a-5c	37-52
A	US, A, 4,474,424 (Wagner) 2 October 1984, see Abstract and Figs. 1-3	37-52
A	JP, A, 2-248919 (Shibuya et al) 24 October 1990, see Abstract and Figure	53, 66
A	US, A, 5,278,853 (Shirai et al) 11 January 1994, see Fig. 10A	53, 66
A	US, A, 4,511,208 (Ozeki et al) 16 April 1985, see Abstract and Figs. 4 and 8-9	78, 88
A	US, A, 5,245,680 (Sauter) 14 September 1993, Figs. 1-4 and columns 5 and 6	78-95

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US95/16283**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched

Classification System: U.S.

385/11, 14, 15, 24, 31, 33, 34, 46, 59, 60, 74, 78; 372/703; 359/115, 122, 131, 154, 156, 161, 484, 485, 487, 488, 494, 495, 497, 499

**BOX II. OBSERVATIONS WHERE UNITY OF INVENTION WAS LACKING**

This ISA found multiple inventions as follows:

This application contains claims directed to more than one species of the generic invention. These species are deemed to lack Unity of Invention because they are not so linked as to form a single inventive concept under PCT Rule 13.1. In order for more than one species to be examined, the appropriate additional examination fees must be paid. The species are as follows:

Species I Figs. 2-7  
Species II Figs. 8-10  
Species III Figs. 12-14  
Species IV Figs. 15-17  
Species V Figs. 20-21  
Species VI Figs. 22-25

The claims are deemed to correspond to the species listed above in the following manner:

- I. Claims 1-34 directed to an optical coupler.
- II. Claims 35-36 directed to an optical isolator.
- III. Claims 37-52 directed to a wavelength division multiplexed coupler.
- IV. Claims 53-77 directed to a wavelength division multiplexed coupler and isolator.
- V. Claims 78-87 directed to a transmitting system.
- VI. Claims 88-95 directed to a receiving system.

There are no generic claims. The species listed above do not relate to a single inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, the species lack the same or corresponding special technical features for the following reasons: The claims of these species are directed to different inventions which are not so linked to form a single general concept. In particular, an optical coupler of species I is completely different from species II directed to an optical isolator, species III directed to a wavelength division multiplexed coupler, species IV directed to a wavelength division multiplexed coupler and isolator, species V directed to a transmitting system, and species VI directed to a receiving system.

---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup> 識別記号 F I

H 0 4 J 14/02

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), CN, JP

(72)発明者 シー, ミン

アメリカ合衆国、95035 カリフォルニア  
州、ミルピタス、ドッボア・ストリート、  
2349

(72)発明者 シュ, ジンギュイ

アメリカ合衆国、95133 カリフォルニア  
州、サン・ホーゼイ、ジルクリスト・ドラ  
イブ、859、ナンバー・4

【要約の続き】

バイナとして動作する。複数の出力ファイバが第2のスリーブによって保持される場合には、入力および出力ファイバは、1つの入力ファイバからの光信号が1つの出力ファイバに送られるように配置され得る。さらなる機能性のために、アイソレータおよび波長依存性フィルタ等の光素子が、第1のコリメートするレンズと第2のコリメートするレンズとの間に挿入され得る。